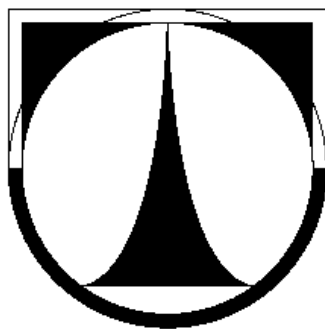


**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

---

**FAKULTA TEXTILNÍ  
KATEDRA TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ**



## **Diplomová práce**

**Měření pevnosti bavlněných vláken**

**Measurement rigidity of cotton fibres**

**2007**

**Bc. Magdaléna Unčovská Lavická**

# **TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

## **FAKULTA TEXTILNÍ KATEDRA TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ**

Obor: 31 – 06 – N Textilní materiálové inženýrství

### **Měření pevnosti bavlněných vláken**

### **Measurement rigidity of cotton fibres**

**Bc. Magdaléna Unčovská Lavická**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jindra Porkertová

Konzultant:

Prof. Ing. Jiří Militký, CSc.,

#### **Rozsah práce:**

Počet stran: 59

Počet grafů: 14

Počet tabulek: 26

Počet obrázků: 13

+ CD ROM

Datum: 5. ledna 2007

## **Anotace**

Cílem diplomové práce je zjišťování a porovnání vybraných vlastností bavlněných vláken. Největší důraz je kladen především na pevnost bavlněných vláken a na způsob měření pevnosti dostupnými metodami.

Samotná práce je rozdělena do dvou hlavních částí. V první části (*rešerši*) jsou shrnuty poznatky o bavlně a je zde teoreticky popsána řešená problematika. Ve druhé - praktické - části je v dílčích kapitolách popsán postup řešení a výsledky. Pro dosažení výsledků bylo nutné provést měření vybraných druhů bavlněných vláken za pomoci metod a přístrojů na specializovaných pracovištích Technické univerzity v Liberci. Pevnost jednotlivých bavlněných vláken byla proměřena na přístrojích Vibrodyn a Dynamometr. Svazková pevnost vláken byla změřena na přístroji Pressleyho trhačka.

Vše podstatné je přehledně shrnuto v kapitole „Závěr“

## **Annotation**

The aim of graduation theses is recognition and comparing chose qualities of cotton fibres. Maximum of emphasis had been given on rigidity of cotton fibres and manner measurement rigidity obtainable methods.

Graduation theses is divided to two main parts. The first part is summmary of observation about cotton and is here teoretically describe broad issue. Second part is practical. There is describe procedure, solving and results. For obtaining results was necessary measure choose from cotton fibres. Apparatus on specialty work place on Technical University in Liberec. Rigidity of single cotton fibers was scale on apparatus Vibrodyn and Dynamometr. Strength of cotton fibres was measure on apparatus, which is called Pressley's shredder.

Summming up measure you can find in part of graduation theses which is called recapitulation.

## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci, dne 5. ledna 2007

.....

Podpis

## **Poděkování**

Chtěla bych touto cestou poděkovat všem, kteří byli nápomocni při zpracování mé diplomové práce. Především děkuji vedoucí diplomové práce Ing. Jindře Porkertové, za odborné vedení a pomoc při zpracování diplomové práce. Dále mé poděkování patří Prof. Ing. Jiřímu Militkému, CSc. za poskytnuté informace a rady.

V neposlední řadě chci poděkovat celé mé rodině za všestrannou podporu při mém studiu na vysoké škole a při tvorbě diplomové práce.

# OBSAH

<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Literární část .....</b>	<b>9</b>
2.1. Historie pěstování bavlny .....	9
2.2 Popis bavlníku .....	9
2.3 Pěstování bavlníku .....	11
2.4 Sklizeň .....	11
2.5 Struktura bavlněného vlákna .....	12
2.5.1 <i>Popis jednotlivých vrstev bavlněných vláken</i> .....	13
2.5.2 <i>Strukturní modely bavlny</i> .....	14
2.6 Vlastnosti bavlny .....	15
2.7 Chemické složení bavlněného vlákna .....	21
2.7.1 <i>Celulóza</i> .....	21
2.8 Mechanické vlastnosti vláken .....	22
2.8.1 <i>Působení vnějších sil</i> .....	22
2.8.2 <i>Tahová pracovní křivka</i> .....	28
2.8.3 <i>Pravděpodobnost přetrhu</i> .....	28
2.8.4 <i>Statistická teorie pevnosti</i> .....	29
2.9 Hodnocení pevnosti bavlněných vláken .....	29
2.9.1 <i>Organoleptické hodnocení pevnosti</i> .....	29
2.9.2 <i>Laboratorní měření pevnosti</i> .....	30
2.9.3 <i>Metody laboratorního měření pevnosti bavlněných vláken</i> .....	31
2.9.3.1 <i>Definice měření pevnosti</i> .....	31
2.9.3.2 <i>Dynamometr</i> .....	31
2.9.3.3 <i>Vibrodyn a Vibroskop</i> .....	31
2.9.3.4 <i>Metoda HVI</i> .....	32
2.9.3.5 <i>Pressleyho trhačka</i> .....	32
2.9.3.6 <i>Stelometr</i> .....	33
2.10 Hodnocení jemnosti bavlněných vláken .....	33
2.10.1 <i>Metody zjišťování jemnosti bavlněných vláken</i> .....	34
2.10.1.1 <i>Gravimetrická metoda</i> .....	34
2.10.1.2 <i>Mikroskopická metoda</i> .....	34
2.10.1.3 <i>Vibroskopická metoda</i> .....	34
2.10.1.4 <i>Pneumatická metoda</i> .....	35
<b>3. Cíl a metodika práce .....</b>	<b>35</b>
<b>4. Výsledky .....</b>	<b>39</b>
4.1 Výsledky měření jemnosti dle přístroje Micronaire .....	39
4.2 Výsledky měření pevnosti dle přístroje Vibrodyn .....	41
4.3 Výsledky měření pevnosti na přístroji Dynamometr 1 .....	43
4.4 Výsledky měření pevnosti na přístroji Dynamometr 2 .....	44
4.5 Výsledky měření pevnosti na přístroji Pressleyho trhačka .....	46
<b>5. Vyhodnocení a diskuze .....</b>	<b>49</b>
5.1 Vyhodnocení a porovnání naměřených hodnot .....	49
5.2 Vyhodnocení korelačních závislostí mezi naměřenými hodnotami .....	52
<b>6. Závěr .....</b>	<b>57</b>
<b>7. Seznam použité literatury .....</b>	<b>58</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

%	procento
g	gram
μm	mikrometr
cm	centimetr
nm	nanometr
mm	milimetr
m	metr
cN	centiNewton
dtex	decitex
S	plocha sekundární stěny
P	obvod příčného řezu
U	stejnomořnost
L <sub>50</sub>	mediánová délka vláken
IS	interval spolehlivosti střední hodnoty
s	směrodatná odchylka
v	variační koeficient
σ	napětí do přetrhu
Δl	protažení do přetrhu
°C	stupeň Celsia
I	index zralosti
T	jemnost
MI	mikronérní hodnota jemnosti
MIC	Micronaire
ε	tažnost
F	pevnost
Fr	relativní pevnost
PI	Pressley index

# 1. ÚVOD

Ve jménu bavlny se vedly války. Kvůli bavlně se dováželi do Ameriky otroci. Královna vláken si udržuje pozici i v záplavě moderních syntetických materiálů. Pro řadu zemí třetího světa je nejvýznamnějším vývozním artiklem.

Dnes jsou hlavními zeměmi pěstujícími bavlník podle pořadí Čína, Spojené státy, Indie, Pákistán, Uzbekistán, Brazílie, Turecko, Austrálie, Turkmenistán, Egypt, Mexiko a Súdán [10].

Bavlna je vlákno přírodní, a proto lze její jakostní parametry (*délka, pevnost, jemnost, zralost, znečištění*) ovlivňovat pouze nepřímo, například výběrem pěstování odrůdy bavlníku a jejím dalším šlechtěním nebo podmínkami jejího pěstování.

Bavlna má celou řadu nezastupitelných užitných vlastností ovlivňující její využitelnost jak v počátečních fázích výroby (*např. spřádání, tkaní*), tak i v tvorbě nejrůznějších polotovarů a textilních výrobků. Bavlna má uspokojivou pevnost zvyšující se za mokra, tažnost, navlhavost, poměrně vysokou odolnost proti teplu. Tepelná izolace je malá, elektrická izolace dobrá, ve vodě studené i vroucí se její podstata nemění (*mění se pouze její geometrické rozměry*), získává však větší pevnost a tažnost. Moli bavlnu nenapadají. Barvitelnost je dobrá. Mezi významné vlastnosti rozhodující pro její zpracování patří délka (*stapl*), jemnost, pevnost, zralost a zákrut ovlivňující povrchové tření vlákna při zpracování k určitému cíli.

Cílem diplomové práce je zjišťování a porovnání vybraných vlastností bavlněných vláken. Největší důraz je kladen především na pevnost bavlněných vláken a na způsob měření pevnosti dostupnými metodami.

Samotná práce je rozdělena do dvou hlavních částí. V první části (*rešerši*) je teoreticky popsána řešená problematika. Ve druhé - praktické - části je v dílčích kapitolách popsán postup řešení a výsledky. Vše je přehledně shrnuto v kapitole „Závěr“



## 2. LITERÁRNÍ ČÁST

### 2.1. Historie pěstování bavlny

Bavlna jako textilní surovina byla známa již ve středověku. Archeologické nálezy nás přesvědčují o tom, že se používala ve Východní Indii již ve třetím a čtvrtém tisíciletí před naším letopočtem. Ve středomořské oblasti je dokázáno používání bavlny z doby před začátkem našeho letopočtu [10].

Začátkem dvacátého století se z bavlny vyrábělo osmdesát procent všech látek používaných ve světě. V Číně se od osmnáctého století bavlnou podšívaly boty a vyráběly se z ní prošívané látky, šátky, sáčky, tašky a obvazový materiál. Bavlna se stala královnou textilu. Její šíření provázelo vznik řady zvyků, z nichž se mnohé dodržují dodnes. Až do čtrnácti let se například děti oblékají pouze do bavlny. Nejlevnější model tradičního ženského sárí je vyroben z jediného kusu bavlněné látky, který je více než metr široký a pětikrát delší. V mnoha případech se přidává ještě další metr bavlněné tkaniny, z níž se šije blůza. Na zhotovení perského, cejlonského a pákistánského sárí je zapotřebí ještě větší množství látky, do níž ženy skrývají i hlavu.

Bavlna patří mezi nejpoužívanější materiál současnosti. Své postavení získala teprve po vynalezení strojního spřádání (*v roce 1868*) a mechanického stavu (*v roce 1888*), ale především po objevu odzrňovacího stroje, který učinil z bavlny levnou a pro průmyslové zpracování vhodnou surovinu [10] [17].

### 2.2 Popis bavlníku

Botanicky patří bavlník k rostlinám slezovým, jejichž plody jsou tobolky pukající při dozrání čtyřmi, případně pěti chlopněmi. Bavlník (*Gossypium*) je rod dvouděložných rostlin z čeledi bombakovitých, s velkými žlutými, později nachovými květy a tobolkami. V pouzdře tobolek se nachází semeno, na jehož povrchu vyrůstají vlákna bavlny (*viz obr. 2.1*).

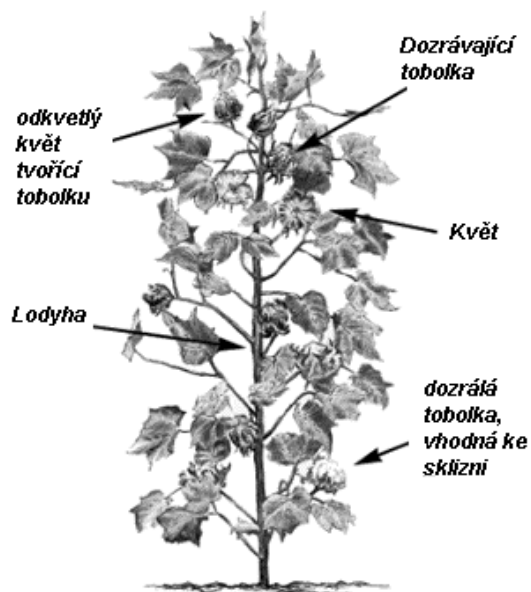
Nejkvalitnější bavlnu dává Bavlník srstnatý, který se pěstuje jako jednoletý, někdy jako dvouletý keř. Tento keř dosahuje výšky 1,5 až 3 metrů [17]

Tobolka dosahuje velikosti vlašského ořechu. Po dozrání tobolka praskne a uvolní se z ní chomáčky bavlny (*viz obr. 2.2*), které se sbírají ručně nebo pomocí kombajnů. Po dozrání se

musí z bavlny odstranit semena. Potom se třídí podle délky získaných vláken. Velmi krátká vlákna se používají v hrubších přízích, papíru nebo jako výchozí surovina regenerovaného hedvábí [10].

Bavlníky jsou předmětem neustálého šlechtění. Mezi šlechtitelské cíle patří délka, jemnost, pevnost a barva vláken.

.



**Obr. 2.1:** Bavlník



**Obr. 2.2:** Zralá toboleka bavlníku s chomáčky bavlněného vlákna

## 2.3 Pěstování bavlníku

Původně bavlník rostl v krajinách s tropickým podnebím, avšak člověk pěstováním a šlechtěním dosáhl toho, že se nyní pěstuje a to velmi úspěšně i v podnebí mírném.

Optimální teplota při pěstování bavlníku je 25 až 35°C. Růst bavlníku se zpomaluje při teplotách pod 25°C a naprosto se zastaví při teplotě pod 17°C. Přesto teploty v rozmezí 10 až 12°C jsou dostačující v době klíčení. Po době klíčení je zapotřebí teplot minimálně 16°C a později i vyšších. Vzrostlá rostlina při teplotě kolem 0°C zastavuje růst a jestliže se takové teploty udržují delší časové údobí, rostlina ztrácí listy a zaniká. V opačném případě, tj. při teplotě 30°C, nastává zpomalení růstu. Kritická teplota pro rostlinu je nad 35°C.

Velice důležitým činidlem pro pěstování bavlníku je vláha. Tato rostlina spotřebuje značné množství vody. Důležité je, aby v průběhu celého vegetačního období bylo dodáno 5000 až 8000m<sup>3</sup> vody na 1ha.

Bavlníková pole se již téměř ve všech pěstitelských oblastech irigují – tj. uměle zavlažují. Provádí se to nejen v oblastech, kde je nedostatek přírodní vláhy, ale i v zemích, kde je dostatek srážek. Tam uměle zavlažování je rovněž nezbytné v suchých letech. Hlavní význam umělého zavlažování spočívá v tom, že se produkuje bavlna kvalitnější (*delší vlákna a vyšší pevnost*) a také jsou dosahovány větší výnosy. Přírodní srážky mají nesmírný význam v době vegetace, ale i v poslední fázi vývoje rostliny - tj. v období otevření tobolek a v době zrání bavlny - zhoršují jakost a zejména potom barvu bavlny [17] [7]

## 2.4 Sklizeň

Jakmile se tobolek bavlníku otevřely a bavlna dozrála, začíná se sklízet. Bavlna se sklízí ručně nebo strojně. Ruční sběr je nejkvalitnější, protože je záruka, že sběrač-česač, sbírá jen zralou bavlnu. Nevýhodou je malý výkon a vyšší náklady. Při ručním sběru sběrač za den sebere 40 až 80 kg tobolek.

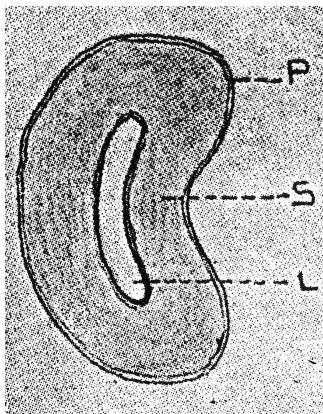
V současné době již převládá strojní sběr bavlny, který se vyznačuje vysokou efektivností, ale na druhé straně bavlna obsahuje větší množství nečistot. Tobolky bavlníku nedozrávají najednou, ale postupně. Bavlna tedy postupně dozrává a podle toho se sběr v průběhu sklizně několikrát opakuje.

Při prvním sběru - základním - se sbírají tobolky ze spodní části rostliny. Při druhém sběru - středním - se sbírají tobolky se střední části bavlníku. Tyto dva sběry dávají nejjakostnější bavlnu (*především sběr střední*). Poslední sběr - pozdní - z horní části bavlníku dává často již bavlnu, která je postižená podzimními mrazíky, a proto je také kvalitativně horší [17].

Odzrňování probíhá na pilkových (*Saw Gin – SG*) nebo válcových (*Roller Gin – RG*) odzrňovacích strojích, na kterých se odtrhnou semena od vláken bavlny a ta se dále třídí podle délky. Očištěné vlákno se dále nazývá cupanina, jež je lisována do balíku vážícího cca 250 kilogramů. Pro vyhodnocení kvality bavlny se z každého balíku odeberou vzorky a vlákno je posuzováno podle délky (*stapl*), pevnosti, zralosti, jemnosti, barvy a množství nečistot [3] [17] [10].

## **2.5 Struktura bavlněného vlákna**

Velmi jemné jednobuněčné útvary (*vlákna*) bílé, nažloutlé, až tmavě krémové barvy obrůstají semena bavlníku. Pod mikroskopem se vlákna jeví jako mírně zakroucená stužka, po obou stranách zesílená, na jednom konci končí hrotem, druhý konec jeví stopy po odtržení od pokožky semena. V průběhu vegetační doby rostliny vyrůstají bavlněná vlákna z epidermis semena již během opadávání okvětních lístků. Rostou nejprve do délky. Vlákna jsou tenkostěnná, dutá a dutina (*lumen*) je vyplněna vzduchem a zbytky protoplazmy. Buněčná stěna tvoří asi třetinu šířky buňky. Velmi tenká prvotní stěna, zvaná kutikula, která tvoří později povrch zralého bavlněného vlákna, je však velmi pevná. Asi po dvaceti dnech se začíná vytvářet stěna sekundární, která je vlastní celulozovou stěnou vlákna. Sekundární stěna se vytváří po vrstvách (*lamelách*), ukládaných postupně na stěnu prvotní a postupně vyplňuje dutinu vlákna. V této době již vlákno neroste do délky. Za každý den v období narůstání sekundární stěny vzniká jedna vrstva. Vrstev bývá 25 až 30 [14].



**Obr. 2.3:** Schématický průřez bavlněného vlákna (*P - primární stěna a kutikula, S - sekundární stěna, L - lumen*)

### 2.5.1 Popis jednotlivých vrstev bavlněných vláken

**Primární stěna** (*kutikula*) obsahuje zejména vosky, fosfáty (*lecitin*), bílkoviny a pektin. Vosk je v primární stěně uložen tak, že chrání celý komplex vlákna, čím více voskovitých látek kutikula obsahuje, tím je vlákno lesklejší, vláčnější a hladší. Vosk je přidržen na primární stěně pomocí komplexu, který je spojen s celulózą a pektinem. Komplex přidržující vosk je tvořen zejména hydrofobním dílem lecitinu. Pektin zvyšuje pevnost a soudružnost primární stěny. Vlivem pektinu je celulóza zde přítomna pouze v amorfním stavu, v tzv. celulózo-pektinovém komplexu [2].

**Sekundární stěna** tvoří 95% hmoty vlákna. Ukládá se na vnitřní stranu primární stěny, a to ve tvaru prstencových vrstev. Tyto vrstvy jsou vlastně lamelami z mřížovitě uspořádaných útvarů celulózy. Její krystaly svírají s osou bavlněného vlákna úhel asi 30°. Sekundární stěna obsahuje až 94% celulózy. Čím více celulózy vlákna obsahují, tím jsou pevnější a mají hutnější omak [3] [5].

Sekundární stěna se skládá ze dvou vrstev. První vrstva má tloušťku 1μm a je tvořena spirálami ze svazků fibril svírajících s osou vlákna úhel 40 až 50°. Čím je úhel menší, tím více leží fibrily ve směru osy vlákna a zvyšuje se tak pevnost vlákna. Směr spirál se mění v bodech reversace, které tvoří nejslabší místa vlákna (*45% přetrhů*). Je jich 20 až 30 na 1cm. Druhá vrstva je centrální o tloušťce 4μm a tvoří ji koncentrické fibrilární mezivrstvy [3] [7].

Struktura sekundární stěny je složena nejméně ze 7 strukturních elementů:

- ❑ lamely;
- ❑ svazky fibril;
- ❑ neznámá mezivrstva;
- ❑ základní fibrily;
- ❑ dermatozomy (*kousky fibril*);
- ❑ molekuly.

Dermatozomy jsou točeny tak, že tvoří příčnou spirálu ke středu vlákna, což je způsobeno teplotními vlnami.

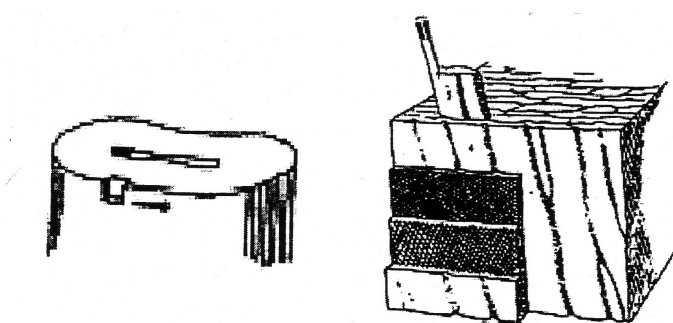
Látky necelulózového původu jsou v sekundární stěně obsaženy ve značně menším množství, než ve stěně primární. Nejvíce těchto látek je obsaženo v lumenu [2].

**Terciární vrstva** je velmi tenká (*přibližně 1  $\mu\text{m}$* ). Zakončuje vnitřní část sekundární stěny a ohraničuje lumen. Podobně jako primární stěna obsahuje menší podíl celulózy a větší podíl necelulózních složek [6] [7].

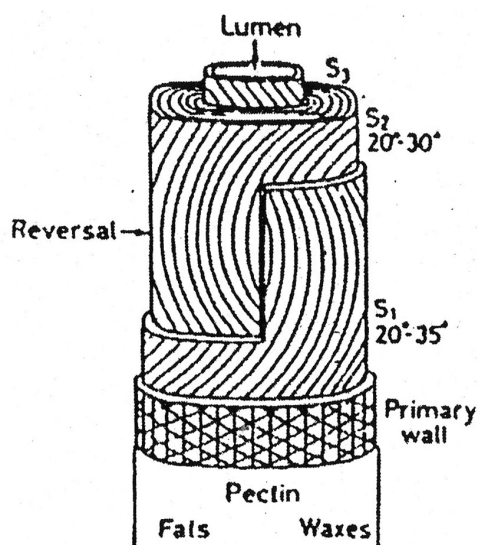
**Lumen** je dutina obsahující zbytky protoplazmy. U živého rostoucího vlákna tvoří až 50% plochy řezu. Po odtržení vlákna od semena, kdy dojde k vysušení a konvoluci (*zakroucení*) vlákna, zabírá lumen pouze 5 až 10% plochy řezu [2] [5].

## 2.5.2 Strukturní modely bavlny

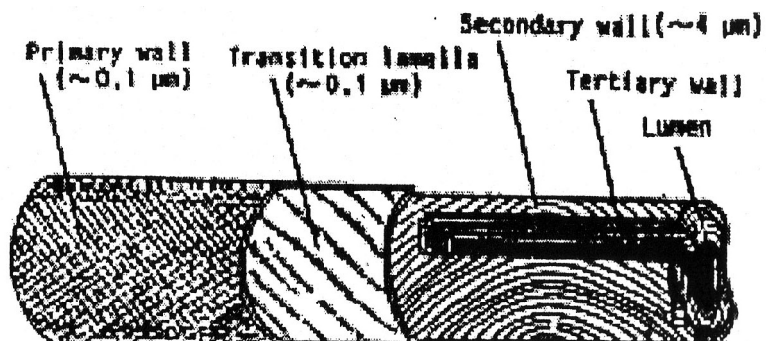
V současné literatuře je uváděno několik názorných modelů struktury bavlněných vláken. Na následujících obrázcích jsou některé z nich uvedeny [7].



**Obr. 2.4:** Model bavlny dle W. Klinga



Obr. 2.5: Model bavlny dle R.A. Younga



Obr. 2.6: Model bavlny dle Bobetha

## 2.6 Vlastnosti bavlny

Jednotlivé druhy bavlny jsou specifické svými vlastnostmi, mezi které patří jemnost, délka, pevnost, tažnost. Dále pak vlivem vlhkosti a teploty na vlákna. Samostatnou problematiku tvoří zralost.

Jemnost (1 až 4 dtex)	Micronaire (3 až 7 MI)	Označení
1,35 až 1,75	menší než 3	fine (jemná)
1,75 až 2,0	4 až 5	average (průměrná)

2,0 až 2,3	větší než 6	coarse (hrubá)
------------	-------------	----------------

**Tab. 2.1:** Hodnocení jemnosti [14] [7]

Pro vyjádření jemnosti vlákna platí vztah [tex] :

$$T = \frac{MI}{2,54} \quad (1)$$

MI – hodnota z přístroje Micronair.

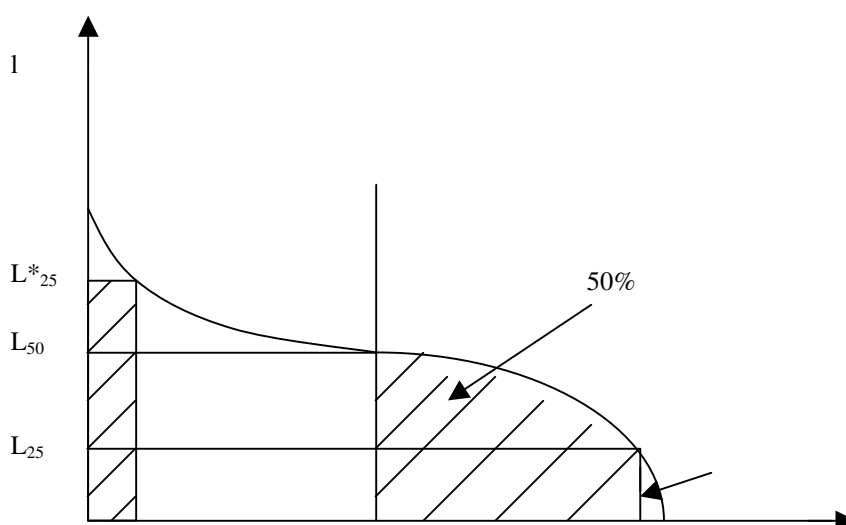
U délky vláken se především hodnotí stejnoměrnost staplu (*uniformity*). Ta lze vyjádřit následujícím vztahem [%]:

$$U = \frac{L_{50}}{L_{2,5}^*} \times 100 \quad (2)$$

$L_{50}$  – mediánová délka vlákna (*leží pod ní délky 50 % vláken*)

$L_{2,5}^*$  – délka, pod kterou leží 2,5 % nejkratších vláken

**Obr. 2.7:** Rozdělení délek (*kladený stápl*)



$L_{50}$  – mediánová délka vlákna. Leží pod ní délky 50 % vláken,

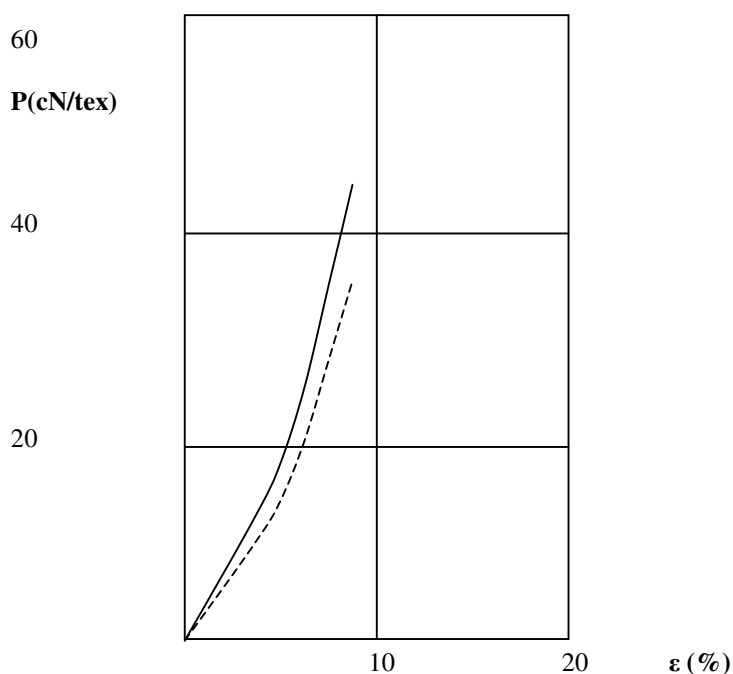


- $L_{2,5}$  - délka, pod kterou leží 2,5 % nejdelších vláken,  
 $L^*_{2,5}$  - délka, pod kterou leží 2,5 % nejkratších vláken [7].

Pro US bavlny platí, že  $U [\%] = 50 - 55$  je dobré,  $40 - 45$  je postačující,  $U < 30$  je nepostačující [7].

**Pevnost** suchých vláken je stanovena 2 - 5 cN/dtex a za mokra tvoří 100 - 120 % pevnosti za sucha. Pracovní křivka je přibližně lineární.

**Tažnost** suchých vláken je kolem 6 – 10 %, za mokra 100 – 110 % tažnosti suché. Mercerací (*bobtnání vláken*) se pevnost zvyšuje a je vyšší než 7 cN/dtex.



**Obr. 2.8:** Tažnost za sucha a za mokra

Elastické zotavení při dvouprocentním protažení je 74 % a při pětiprocentním protažení je 45%.

Vlivem **vlhkosti** dochází ve standardních podmínkách (65% vlhkosti při 20°C) k navlhavosti vláken v rozmezí 7,6-8,6%. Navlhavost ve vlhké atmosféře (95 % vlhkosti) je 24 – 27%. Na změnu vlhkosti jsou citlivé mechanické vlastnosti vláken, které jsou zmiňovány o odstavec výše. Vlhkost způsobuje rovněž porušení vodíkových můstků a následně relaxaci napětí (*snadná deformovatelnost*) [7] [1].

Vlivem **teploty** do 120 °C prakticky nedochází k žádným změnám. Při teplotě 120 °C dochází po pěti hodinách ke žloutnutí, při 150 °C vlákna zhnědnou a při 200 až 280 °C nastává dehydratace, dekarboxylace a následně destrukce. Při 90 °C dlouhodobě dochází k částečné depolymeraci neboli zrohovatění (*dochází k otevření kruhu a důsledkem je hustší vrstva na povrchu vláken*). Teplota žehlení je 150 °C (*teplota tvarovky*) [16]. Bavlněná vlákna hoří rychle, se štiplavým zápachem hořícího papíru. Zanechávají jemný šedý popel aniž vzniká kulička. Rozpouští se ve studené 80% kyselině siřičité [7].

**Plísň** napadají zejména surovou bavlnu. Méně bývá napadena bavlna bělená nebo barvená. Plísň žije hlavně z pektinů obsažených v lumenu (*zbytky protoplazmy*). Vznik plísni závisí na určité minimální vlhkosti, době a teplotě. Mohou způsobit značnou degradaci vláken [4].

**Sluneční záření** má značný vliv na celulózu obsaženou ve vláknech. Po delším působení slunečního světla se na jeho povrchu objevuje látka zvaná fotocelulóza. Podle Kaufmanna [1] celulózu poškozuje jen UV paprsky jejichž  $\lambda$  je kratší než 350nm. Lesklá vlákna jsou tedy více odolnější slunečnímu světlu díky menší absorpci světla.

**Merceraci** bavlněných vláken (*mercerace je metoda zpracování bavlněných tkanin či příze v koncentrovaném louhu - NaOH o koncentraci 22 - 26%*) se zlepši řada jejich vlastností, a to:

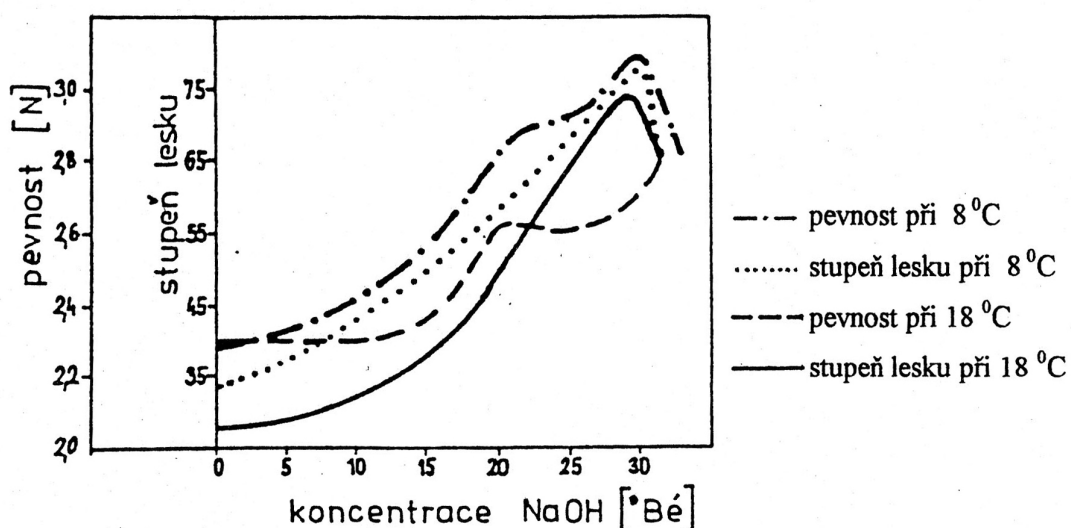
- ❑ zvýší se lesk (největšího lesku se dosáhne, napíná-li se bavlna až o 5% nad původní délku);
- ❑ zvýší se pevnost (*až o 25%*);
- ❑ sníží se sráživost (*kontrakce*);
- ❑ zlepši se barvitelnost, tj. zvýší se afinita vůči barvivům (*o 30 – 40%*);
- ❑ zvýší se reaktivita při úpravách sítovacími prostředky;
- ❑ omak je příjemnější – měkký a plný;
- ❑ zlepši se rozměrová stabilita;
- ❑ potlačí se odlišné zabarvení mrtvých a nezralých bavlněných vláken;
- ❑ zvýší se odolnost celulózy bavlny vůči slunečnímu záření, povětrnostním vlivům a mikroorganismům;
- ❑ nepatrně se však zhorší stálost v oděru a sníží se tažnost (*o 20 – 30%*).

Působením koncentrovaného roztoku NaOH dochází k bobtnání vlákna, při kterém mizí lumen. Ledvinovitý průřez se mění na kruhový (*dekonvoluce*), dochází k rozrušení voskových substancí, vyrovnávají se zákruty ( $\rightarrow$  *snížení tažnosti*), plochá stužka bavlněného vlákna se mění na válcovitý tvar ( $\rightarrow$  *zlepšení omaku*), vlákno odráží mnohem více a pravidelněji světelné paprsky ( $\rightarrow$  *zvýšení lesku*) a vlákno se nemůže srážet ( $\rightarrow$  *snížení sráživosti*) [8].

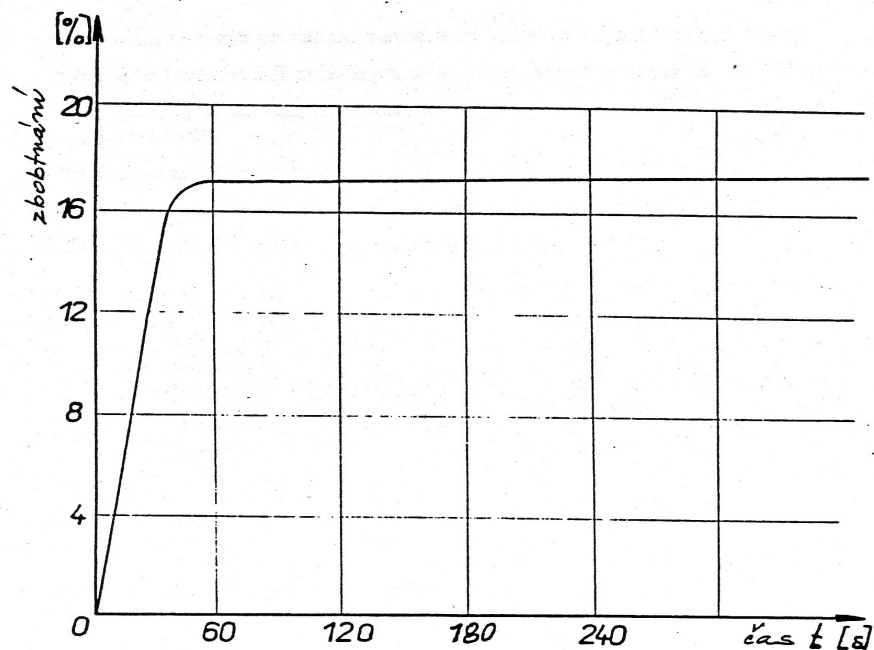
Koncentrace NaOH [%]	Změna na vlákne
0 až 6,5	Změna nenastává
6,5 až 8	Neúplné rozvinutí zákrutů
cca 8,7 až 9	Rychlé rozvinutí zákrutů
cca 11,5	Velmi rychlé rozvinutí zákrutů
15,5	Rozvinutí zákrutů a následné bobtnání
17,5 až 26	Rozvinutí zákrutů a současné bobtnání
26 až 35	Bobtnání předchází rozvinutí zákrutů

**Tab. 2.2:** Působení koncentrace hydroxidu sodného na bavlněné vlákno

Závislost pevnosti a stupně lesku mercerované bavlny na koncentraci NaOH a závislost zbobtnání bavlny v roztoku NaOH na době působení jsou zobrazeny na obr. 2.9 a 2.10 [8].



**Obr. 2.9:** Závislost pevnosti a stupně lesku mercerované bavlny na koncentraci při teplotě 8 °C a 18°C



**Obr. 2.10:** Závislost zvětšení bavlny v NaOH na době působení

U textilií, které nevyžadují zvýšený lesk a pevnost, ale jen srážení dostavy (tj. *hustota tkaniny* udaná počtem osnovních a útkových nití v  $1\text{ cm}^2$  tkaniny) a zvýšenou afinitu k barvivům, se provádí pouze louhování. Používáme roztok NaOH s menší koncentrací (17,5-22%) bez napětí a v kratším čase než u mercerace (*do 1 minuty*). Louhování rovněž slouží k eliminaci nezralých a mrtvých bavlněných vláken.

Po merceraci i louhování následuje vždy vyprání v teplé vodě ( $60^\circ\text{C}$ ), neutralizace kyselením zředěnou kyselinou chlorovodíkovou HCl (2-3%) a opětné praní z důvodu odstranění alkálie z vlákna [8].

**Oxidací** se urychlí přítomností látek pohlcujících světlo ve spektrálním rozsahu, na nějž je celulóza citlivá (např. žlutá barviva) [4].

## 2.7 Chemické složení bavlněného vlákna

Chemické složení bavlněného vlákna se liší podle druhu bavlny, stupně zralosti a původních podmínek. Určujeme tedy složení průměrného bavlněného vlákna. Názory na chemické složení bavlněného vlákna uvedená v různých literárních pramenech se však liší, a to zejména v tom, že jednotliví autoři sledují obsah různých látek. Rozdíly jsou dány nejen druhem bavlny, původními podmínkami, podmínkami růstu, ale také způsobem určování obsahu jednotlivých složek a přesností těchto metod.

Je však zřejmé, že bavlněné vlákno obsahuje nejvíce celulózy. Podíly ostatních složek jsou vedle toho téměř zanedbatelné.

Rozložení některých složek v morfologických vrstvách bavlněného vlákna ukazuje tabulka 2.3. Je zde zřejmý výrazný rozdíl obsahu celulózy v primární a sekundární stěně [9].

	<b>Celulóza</b>	<b>Pektiny</b>	<b>Bílkoviny</b>	<b>Vosky</b>	<b>Popel</b>
Primární stěna	54,0	9,0	14,0	8,0	3,0
Sekundární stěna	96,0	1,0	1,1	0,4	1,0

**Tab. 2.3:** Rozložení některých složek v morfologických vrstvách.

### 2.7.1 Celulóza

Vytváří v rostlině buněčnou stěnu (cellula = buňka). Je hlavním stavebním prvkem vlákna, zejména jeho sekundární stěny (viz tab. 2.3).

Jde o přírodní makromolekulární sloučeninu – homopolysacharid. Je polydisperzní, obtížně rozpustná. Její roztoky mají koloidní charakter [3] [2].

Elementární analýzou bylo stanoveno složení :

uhlík ...44,44%

vodík ...6,17%

kyslík ...49,39%       $\Rightarrow$  sumární vzorec celulózy :  $C_6 H_{10} O_5$

## 2.8 Mechanické vlastnosti vláken

### 2.8.1 Působení vnějších sil

Mechanické vlastnosti vláken se projevují jako odezva na mechanické namáhání vláken prostřednictvím vnějších sil. Podle působení vnějších sil lze hovořit o namáhání na:

- ☐ tah;
- ☐ tlak;
- ☐ ohyb;
- ☐ krut.

Tyto druhy namáhání se většinou vyskytují v kombinaci (*tah – příčné stlačení u vláken v zakrucované niti*). Laboratorně se tato namáhání zkoumají odděleně od sebe, přičemž normovány jsou pouze zkoušky pevnosti v tahu.

Během mechanického namáhání dochází ve vláknech ke změně tvaru - deformaci, která je závislá na:

- ☐ velikosti zatížení;
- ☐ rychlosti namáhání;
- ☐ době trvání.

Mechanické vlastnosti jsou popisovány tzv. ultimativními charakteristikami [16].

#### Ultimativní charakteristiky

- ☐ pevnost (*síla do přetrhu*)  $P$  [N]
- ☐ napětí do přetrhu  $\sigma$  [Pa]
- ☐ protažení do přetrhu  $\Delta l$  [mm]
- ☐ tažnost (*deformace do přetrhu*)  $\epsilon$  [%]
- ☐ relativní pevnost  $F_r$ , resp.  $f$  [N/tex], [cN/dtex]
- ☐ tržná délka  $l_T$  [km], resp. [m] - délka, při níž by se textilie zavěšená na jednom konci přetrhla vlastní tíhou [17].

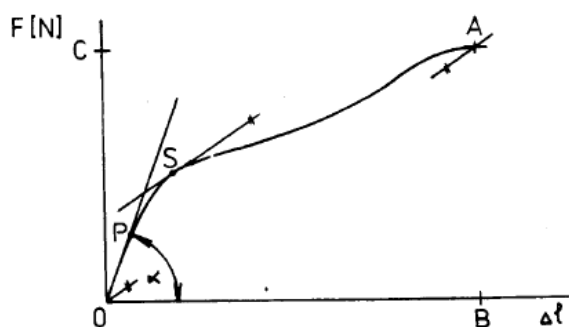
Mechanické vlastnosti obecně vyjadřují odezvu vláken na vnější síly a deformace. Patří mezi základní charakteristiky, které rozhodují o vhodnosti vláken pro textilní aplikace. Ovlivňují

jak průběh textilního zpracování, tak i značnou část užitných vlastností textilních výrobků. Jelikož textilní vlákna mají viskoelastický charakter a komplikovanou vnitřní strukturu, nebyly dosud nalezeny takové materiálové konstanty, které by jednoznačně charakterizovaly deformační chování vláken a souvisely definovaně s jejich strukturou. Proto se běžně hodnotí ty parametry, které je možno stanovit pomocí jednoduchých zkušebních zařízení, obvykle trhacích přístrojů [16].

#### Zkoušení pevnosti vláken v tahu

Při zkoušení mechanických vlastností jde většinou o zjištění meze pevnosti. Vláknem je v těchto zkouškách zatěžováno až do destrukce – přetrhu vzorku. Výsledkem jsou ukazatele ultimativních pevnostních charakteristik. Aby se vyrovnalo například „zobloučkování“ vláken, zatěžujeme vlákna před vlastní zkouškou základní malou silou  $F_0$ , nazývanou předpětí [16].

Grafické znázornění průběhu závislosti síly [N] na deformaci [mm], tj. funkce  $F = f(\Delta l)$ , je zobrazeno na obrázku 2.11.



**Obr. 2.11:** Deformační křivka

Z křivky jsou patrné některé charakteristické části:

- 0: počátek
- 0 – P: oblast pružných (elastických) deformací. Deformace se po uvolnění napětí vrátí.
- P: mez pružnosti. Nad tímto bodem se začínají projevovat plastické (nevratné) deformace.
- S: počátek kluzu
- A: maximální síla
- B: maximální protažení při přetrhu (destrukci)

Pro účely zpracování se stanoví také relativní změna pevnosti za sucha a za mokra [%]:

$$f_s = \frac{F_s}{F} * 10^2$$

(2)

$$f_m = \frac{F_m}{F} * 10^2$$

(3)

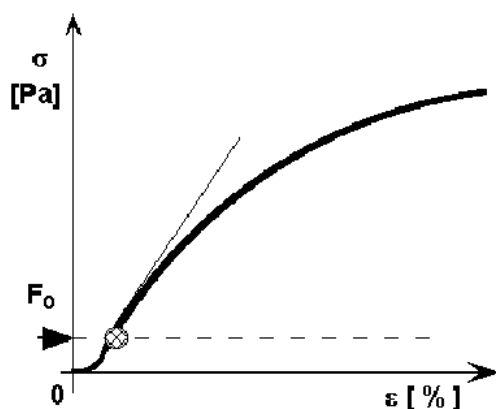
- $F_s$  - absolutní pevnost stanovená ve vysušeném stavu vlákna [N]  
 $F_m$  - absolutní pevnost stanovená v mokrému stavu (*po smočení*) vlákna [N]  
 $F$  - absolutní pevnost stanovená za klimatických normovaných podmínek [N]

### Předpětí

Tahová (*pracovní*) křivka vláken se odlišuje od tahových křivek kovů tím, že v počátku nevzrůstá síla, resp. napětí lineárně s deformací. Projevuje se zde zakřivení způsobené tím, že se uvnitř vlákna vyrovnávají vnitřní síly - například se natáhne zvlnění vláken. To je ukázáno na obrázku 2.12. Abychom mohli přesně stanovit deformaci vlákna, která je závislá na změně délky a mohli také přesně odečítat počáteční tangentový modul, vkládáme před měření pevnosti na vlákno předběžnou sílu, kterou nazýváme předpětí. Předpětí je stanoveno normou.

Předpětí vložíme na vlákno například tak, že na ně zavěsíme závažíčko. Moderní přístroje pro měření pevnosti a tažnosti jsou již zkonstruovány tak, že předpětí zadáváme číselně (*například 5 mN*) a přístroj nejdříve vlákno zatíží na určenou hodnotu a teprve pak začne měřit pevnost a tažnost [16].



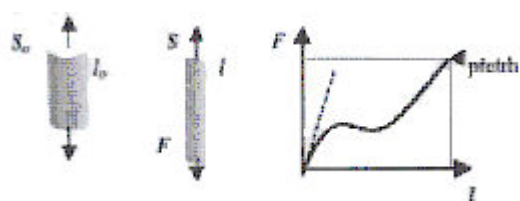


**Obr. 2.12:** Průběh předpětí

### Deformace v tahu

Deformace v tahu je základním režimem namáhání. V tomto režimu se sleduje vztah mezi silou a protažením vláken (viz obr. 2.13). Rozlišujeme tři základní typy těchto deformací:

- ☐ pružná (*elastická*);
- ☐ viskoelastická;
- ☐ plastická.



**Obr. 2.13:** Pracovní diagram vláken

Působí-li na vlákno postupně rostoucí síla, dochází k růstu prodloužení až do bodu přetrhu. Charakteristickými hodnotami pracovního diagramu je počáteční modul  $E$  a souřadnice bodu přetrhu označované jako pevnost  $P$  a tažnost  $\epsilon$  [13] [16].

Jak je patrné z obrázku 2.13 je vlákno původní délky  $l_0$  a plochy příčného  $S_0$  působením síly  $F$  prodlouženo na délku  $l$  a zúženo na plochu příčného řezu  $S$ . Místo absolutní síly  $F$  se používá relativní síla  $F_r$  resp. napětí  $\sigma$ . Relativní síla je vyjádřena jako síla na jednotku jemnosti tj.:

$$F_r = \frac{F}{T} = \frac{F}{S * \rho}$$

(5)

Napětí je vyjádřeno jako síla na jednotku plochy příčného řezu tj.:

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

(6)

Platí, že

$$\sigma = F_r * \rho \quad \text{resp.} \quad F_r = \frac{\sigma}{\rho}$$

(7)

Také místo protažení  $l$  se používá relativního vyjádření. Jak již bylo uvedeno je dloužící poměr  $\lambda = l/l_0$ . Standardně se však používá deformace definovaná jako:

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

(8)

Pružná (elastická) deformace patří mezi deformace vratné. Přestane-li síla působit, vrací se elastické těleso téměř okamžitě do původního stavu. Pružná deformace vzniká jako výsledek deformace meziatomových vzdáleností a valenčních úhlů v řetězcích polymerů. U vláken vznikne pružná deformace pouze při velmi malých protaženích.

Reologicky se pružná deformace modeluje Hookeovým členem, tedy pružinou s modulem pružnosti  $E$ . Platí Hookův zákon, podle něhož jsou napětí  $\sigma$  a deformace  $\varepsilon$  úměrné. Napětí  $[\text{N.m}^{-2}]$  je definováno jako:

$$\sigma = E \times \varepsilon \quad (9)$$

$\varepsilon$  - deformace  $[\text{m.m}^{-1}]$

$E$  - konstanta úměrnosti  $[\text{N.m}^{-2}]$

Při měření prodloužení označujeme konstantu  $E$  jako modul pružnosti,  $E$ -modul nebo Youngův modul. Modul pružnosti závisí na druhu materiálu, teplotě, době a rychlosti zatěžování. Modul pružnosti se silně mění s teplotou.

Viskoelastická deformace patří mezi deformace nevratné. Při mechanickém namáhání pod mezí kluzu se krystalické oblasti chovají elasticky a v amorfních oblastech dochází k viskóznímu toku. Látka jako celek vykazuje současně oba typy chování, je viskoelastická. Doba viskoelastické deformace závisí na dobách relaxace polymerních segmentů [5] [10] [14].

Plastická deformace vzniká vlivem nevratných prokluzů segmentů makromolekul. Při vyšších úrovních deformace dochází i k praskání primárních vazeb a k plastickému toku až do porušení. Vlivem vnějších mechanických sil nastávají smykové posuny řetězců, čímž se zpevní struktura. Tento typ deformace patří mezi dokonale nevratné [13] [16].

K mechanickým vlastnostem přistupujeme ze dvou pohledů. Makromechanický, který respektuje pouze makroskopické odezvy vláken na působení vnějších silových deformačních polí. Mikroskopický přístup se snaží brát v úvahu i strukturu vláken a jejich změny při deformaci.

Pro charakterizaci mechanického chování vláken se téměř výlučně používají informace z pracovních křivek. Pracovní křivky vláken se získávají na dynamometrech. Umožňují stanovení základních mechanických charakteristik, jako je pevnost, tažnost, deformační práce a počáteční modul.

## 2.8.2 Tahová pracovní křivka

Vlákna ve svazku mají rozmanité tahové pracovní křivky, různé pevnosti  $P$  a tažnosti  $a$ . Uspořádaná dvojice  $(P, a)$  je náhodným vektorem, jehož rozložení popisuje dvojrozměrná hustota pravděpodobnosti  $u(P, a)$ .

Působí-li na úsek vlákna nebo na délkovou textilií tahová síla  $S$ , potom tato síla způsobuje poměrné prodloužení  $\varepsilon$ . V okamžiku přetrhu vlákna dosáhne síla  $S$  právě hodnoty pevnosti  $P$  a poměrné prodloužení  $\varepsilon$  je právě tažností  $a$ .

Mezi silou  $S$  a poměrným prodloužením  $\varepsilon$  existuje funkční závislost  $S = \sigma(\varepsilon)$ , kde  $\varepsilon \in \langle 0, a \rangle$ , která je nazývaná tahová pracovní křivka.

Pro tuto tahovou pracovní křivku platí:

1. Jestliže  $0 = \sigma(0)$ , křivka prochází počátkem
2. Jestliže  $P = \sigma(a)$ , křivka prochází bodem  $(a, P)$

Takové pracovní křivky řady vláken splňují předpoklad, že jsou hladké na krátkých úsecích, monotónně rostoucí. Pak ke každé funkci  $\sigma(\varepsilon)$  existuje inverzní funkce  $\varepsilon = \pi(S)$ , kde  $S \in \langle 0, P \rangle$  [13].

## 2.8.3 Pravděpodobnost přetrhu

Pevnost jednotlivých vláken, vyjmutých z jedné suroviny, je náhodná proměnná, která souvisí s tahovým namáháním a také s velikostí upínací délky. Pravděpodobnost, že se úsek délky  $l$  přetrhne takovým namáháním, budiž  $F(P, l)$ . Funkce  $F(P, l) \in \langle 0, 1 \rangle$ , je vzhledem k  $P$  a  $l$  neklesající, větší napětí  $P$  vlákna spíš přetrhne. Ve větší délce  $l$  se s větší pravděpodobností vyskytne málo pevné místo a proto je pravděpodobnost přetrhu větší. Má význam distribuční funkce rozložení pevností  $P$  při upínací délce  $l$ . Pravděpodobnost, že se úsek vlákna délky  $l$  působením napětí  $P$  nepřetrhne je pak  $1 - F(P, l)$  [13] [15]. .

## 2.8.4 Statistická teorie pevnosti

Statistická teorie pevnosti je založena na hypotéze nejslabšího článku. To znamená, že pevnost vlákna závisí na nejnebezpečnějším defektu, který se v namáhaném vzorku vyskytuje. Tímto kritickým defektem může být například lokální nehomogenita, trhлина, zúžení apod. [13].

Základní myšlenky statistické teorie pevnosti je možné shrnout do následujících bodů:

- ❑ v různých vzorcích téhož materiálu se vyskytují defekty s rozdílným stupněm nebezpečnosti;
- ❑ nebezpečnost defektu roste s jeho velikostí, pravděpodobnost výskytu defektu s jeho rostoucí velikostí (nebezpečností) klesá;
- ❑ čím větší je pevnost vzorku, tím pravděpodobnější je výskyt nebezpečných defektů;
- ❑ pevnost je určena nejnebezpečnějším místem.

Je-li pevnost ve všech částech zkoumaného vlákna stejná, porušení začne v té oblasti ve které je nejdříve překročena kritická doba napětí. Jestliže pevnost ve všech zkoumaných částech vlákna není stejná, začne porušování současně jak v místech, kde je překročena hodnota napětí, tak v místech, v nichž je oslabena struktura [13].

## 2.9 Hodnocení pevnosti bavlněných vláken

### 2.9.1 Organoleptické hodnocení pevnosti

Dlouhou dobu se upřednostňovalo organoleptické hodnocení při, kterém bavlnu posuzoval klasér (*třídič*) za pomoci svých smyslů. Při organoleptickém hodnocení třídič srovnáváním předloženého vzorku zjišťuje, zda odpovídá ukazatelům nebo požadavkům typového, kupního vzorku či standardu v jednotlivých složkách. Klasér posuzoval bavlnu z hlediska zpracovatelnosti na základě svých zkušeností, později ji srovnával s oficiálně vydanými etalony.

Při organoleptickém hodnocení pevnosti třídič trháním tenké prosvítající vrstvičky vláken (*obdobnou staplovému polštárku*) zjišťuje pevnost, tj. odpor, který kladou vlákna proti přetržení.

K vyjádření pevnosti při ručním způsobu hodnocení slouží tato stupnice:

- ❑ velmi dobrá pevnost;
- ❑ dobrá pevnost;

- ❑ dosti dobrá pevnost;
- ❑ střední pevnost;
- ❑ trochu slabá pevnost;
- ❑ slabá pevnost;
- ❑ bez pevnosti.

Výhodou tohoto způsobu hodnocení je rychlost jeho provádění a pohotovost výsledků. Další výhodou je jeho jednoduchost a to, že pro něj stačí místnost s odpovídajícími klimatickými a světelnými podmínkami bez složitého přístrojového vybavení. Naopak velkou nevýhodou je subjektivnost tohoto hodnocení, která je daná osobou třídíče.

### **2.9.2 Laboratorní měření pevnosti**

Laboratorní třídění stálo určitou dobu ve stínu organoleptického hodnocení bavlny a používalo se spíše pro potřeby arbitráže. Laboratorními postupy lze zjišťovat pevnost jednotlivých bavlněných vláken nebo jejich svazků.

Ke zjištění pevnosti jednotlivých vláken bavlny používáme přístroj dynamometr nebo Vibrodyn. Vlákná pro zkoušku se berou ze střední části staplu a zkouší se nejméně 50 vláken.

Laboratorní měření pevnosti je objektivnější než třídění organoleptické, ale oproti němu je pracnější a v některých případech i časově náročné. Jednotlivé jakostní znaky se při něm zjišťují na různých laboratorních přístrojích. Nevýhodou laboratorního třídění je, že laboratorní přístroje měří jen to, co se jim předloží ke zkoušce.

Tyto metody jsou velice pracné, zatížené jak chybou přístrojovou, tak i chybou lidského faktoru. Pokud se hodnocení účastní přímo lidský subjekt, je výsledek vždy závislý na subjektivním názoru jedince.

Přes toto omezení získalo postupně laboratorní zkoušení velký význam, protože dává přesné a opakovatelné výsledky a jeho reprezentativnost je do jisté míry upravována velkým počtem zkoušek a porovnáním výsledků z dlouhodobého hlediska.

## 2.9.3 Metody laboratorního měření pevnosti bavlněných vláken

### 2.9.3.1 Definice měření pevnosti

Upínací délkou se rozumí délka vzorku, upnutého pod určitým předpětím, měřená na začátku zkoušky od jedné svěrné linie upínacích čelistí ke druhé svěrné linii v trhací hlavici v její výchozí poloze.

Zatížení do přetržení je maximální tahová síla, zjištěná při zkoušení pevnosti vzorku od začátku zkoušky do přetržení.

Pevnost do přetržení je pevnost vzorku vystaveného působení tahové síly s vyloučením namáhání v kroucení, tlaku nebo ve stříhu. Vyjadřuje se jako síla, připadající na plošnou jednotku průřezu zkušební vzorku v nenapnutém stavu.

Poměrné namáhání je tahová síla, připadající na jednotku délkové hmotnosti zkušební vzorku v nenapnutém stavu. Vyjadřuje se v jednotkách cN/tex.

Poměrná pevnost je poměrné namáhání, odpovídající zatížení do přetržení.

### 2.9.3.2 Dynamometr

Dynamometr je přístroj pro definované namáhání vzorků a registraci síly a deformace (*natažení*). Přístroji se také říká trhací stroj, nebo zjednodušeně trhačka.

Vlákna pro zkoušku se berou ze střední části staplu. Vzorek je upnut do horní a spodní čelisti. Dolní čelist je spojena s pohybovým šroubem, který ji svým otáčením stahuje dolů (*napíná vzorek*) nebo zdvihá (*uvolňuje vzorek*). Aby bylo možné správně změřit i tažnost, zatěžuje se vlákno při upínání do čelistí předpětím. Vlákno se upne do čelisti, zatíží se předpětím a potom se utáhne i dolní čelist. Vlákno se při zkoušce zatěžuje rovnoměrnou rychlostí až do přetržení. Upínací délka vláken je zpravidla 10mm, pro dlouhá vlákna může být i 50mm.

Protažení a jemu odpovídající síla je vykreslována do grafu závislosti pevnost-tažnost, který je též nazýván tahovou nebo také pracovní křivkou [16].

### 2.9.3.3 Vibrodyn a Vibroskop

Vibrodyn se používá k měření pevnosti jednotlivých vláken a pracuje podobně jako dynamometr. Je spojen s Vibroskopem, který je určen na zjišťování jemnosti vláken. Jeho

použití je vhodnější spíše pro dlouhá vlákna, jelikož z technických důvodů minimální délka testovaných vláken je 25mm.

Měření jemnosti na přístroji Vibroskop 400 je založeno na principu volné vibrace vlákna. Vláknem kmitá vynucenou vlastní frekvencí vlivem elektrostatických sil. Frekvence kmitání jednotlivých předepjatých vláken je snímána opticko-elektronickým systémem. Podle frekvence a předpětí vláken je automaticky stanovena délková hmotnost (*jemnost*) vláken [dtex].

Vláknem musí být opatřeno vhodným předpětím s ohledem na jemnost. Přístroj je spojen s Vibrodynem 400 a oba dva jsou napojeny na počítač, jehož software umožňuje statistické vyhodnocení jemnosti, pevnosti, tažnosti a poměrné pevnosti [cN/tex], [cN/den] zároveň se zobrazením pracovních křivek vláken.

Vibrodin 400 měří pevnost vláken. Pracuje na principu dynamometru s konstantním přírůstkem deformace. Při tomto měření se vlákno upne do čelistí přístroje. Horní čelist je uložena pevně a spojena se zaměřením na měření síly. Spodní čelist je posuvná, vrací se po každém měření do původní polohy. Na vlákno musí být předem zavěšeno předpětí s ohledem na jeho zjištěnou jemnost.

Přístroj umožňuje základní statistické zpracování dat pevnosti a tažnosti a dále zobrazuje pracovní tahové křivky jednotlivých vláken. Je propojen s přístrojem Vibroskop 400 [16].

#### **2.9.3.4 Metoda HVI**

Linka HVI Zellweger Uster 900 SA je v laboratoři VÚB jediné zařízení svého druhu v ČR. Používá se pro vysoce objemové testování vzorků bavlny pro potřeby zpracovatelů (*tedy přádelen*) i prodejců. Linka umožňuje bez vlivu obsluhy měřit požadované parametry bavlněných vláken - délku, stejnoměrnost délky, pevnost, tažnost, jemnost, barvu a znečištění. Předností linky je její vysoká kapacita, což umožňuje ve velmi krátkém čase přenos výsledků k zadavateli.

#### **2.9.3.5 Pressleyho trhačka**

Pevnost svazku vláken se měří na PRESSLEYHO trhačce. Zkouška slouží pro rychlé získání údaje o pevnosti suroviny pro potřeby výroby. Vzorek bavlny se urovná a pročeše kartáčkem



a hřebínkem, aby se odstranily nečistoty, krátká vlákna a smotky. Svazek vláken se pak upne do čelistí tak, aby upínací délka byla  $\frac{1}{4}$  (6mm) a přebytečná délka vláken se odstříhne.

Čelisti se vloží do Pressleyho trhačky a svazek vláken v nich se přetrhne. Síla potřebná k přetržení se odečte na stupnici. Po otevření čelistí se přetržený svazek vláken zváží na připojených torzních vahách s měřicím rozsahem do 3 mg.

Vhodná svazková pevnost se vyjadřuje poměrem síly potřebné k přetržení ke hmotnosti vzorku  $\Rightarrow$  zjišťuje se Pressley index **PI** [1b/mg].

$$PI = \frac{F_p}{m} \quad (10)$$

$F_p$  - Síla potřebná k přetržení svazku (1b)

$M$  - hmotnost vzorku (mg)

#### **2.9.3.6 Stelometr**

Stelometr je zařízení, které je až na předpětí svazku vláken velmi podobné přístroji Pressley. Příprava a postup měření je také velmi podobný. Předpětí svazku je výhodou tohoto měření, je tím dána větší přesnost výsledků.

### **2.10 Hodnocení jemnosti bavlněných vláken**

Jemnost (*délková hmotnost*) je v současné době měřitelná několika způsoby. Při volbě konkrétní metody měření je třeba si uvědomit, zda nám stačí znát průměrnou pevnost vláken nebo jestli je třeba zjistit i nerovnoměrnost jemnosti jednotlivých vláken. Metody určení jemnosti bavlněných vláken lze rozdělit do několika skupin: gravimetrické, mikroskopické, vibroskopické a pneumatické [18].

## 2.10.1 Metody zjišťování jemnosti bavlněných vláken

### 2.10.1.1 Gravimetrická metoda

Je založena na určení hmotnosti známé délky vláken. Touto metodou určíme jemnost v jednotkách [tex] jako podíl hmotnosti a délky vlákenné vložky. Pro určení jemnosti bavlny se po pročesání snopku sevřeného ve skřipci odstříhne staplovými nůžkami délka 10mm, pinzetou se přenese na torzní či analytické váhy, zváží se, a poté se vlákna na sametové podložce spočítají. Jejich celková délka by měla být asi 10m.

Jedná se o metodu pracnou a tedy i pomalou. Další nevýhodou je nemožnost určení nerovnoměrnosti jemnosti jednotlivých vláken [18].

### 2.10.1.2 Mikroskopická metoda

Je založena na měření plochy řezu vláken. Největší plochu řezu mají vlákna zralá, polozralá o něco menší a vlákna mrtvá mají plochu zanedbatelně malou. Vlákna přezralá mají plochu řezu téměř kruhovou. Metoda je vhodná pro hodnocení rovnoměrnosti jemnosti jednotlivých vláken.

### 2.10.1.3 Vibroskopická metoda

Vibroskopická metoda je založena na jevu, že frekvence  $f$  příčných kmitů struny je závislá na hmotě  $m$ , upínací délce  $L$  a napětí  $P$  podle rovnice:

$$f = \left( \frac{L}{2 \times 1} \right) \times \left( \frac{P}{m} \right) \quad (11)$$

Jestliže bude délka a napětí konstantní, lze přímo vypočítat jemnost. Pro výpočet jemnosti se hodnota frekvence odečte na přístroji a násobí se příslušným koeficientem podle použitého předpětí a upínací délky.

Vibroskopické a mikroskopické metodě lze vytknout tytéž nedostatky jako metodě gravimetrické, tedy značnou pracnost, pomalost a především nereprezentativnost [18].

#### **2.10.1.4 Pneumatická metoda**

Pro zjišťování jemnosti bavlny pneumatickou metodou se používá přístroj MICRONAIRE. Byl konstruován na principu měření proudu vzduchu procházejícího za konstantního tlaku vzorkem bavlny o stanovené hmotnosti a slisovaného do stanoveného objemu.

Čím jsou vlákna jemnější, tím kladou větší odpor tomuto proudu vzduchu a naopak. Čím jsou vlákna hrubší, tím je jich méně s většími mezerami, tím je odpor menší, tak že proud vzduchu je větší. Do přístroje se navažuje 5g vyčesaných a promíchaných vláken. Odvážený vzorek se stlačí do komůrky, do níž se zespodu vhání kompresorem ustálený proud vzduchu o konstantním tlaku a teplotě. Vlákna v komůrce kladou odpor a snižují za komůrkou tlak, jehož pokles se měří polohou umístěného tělíska v měřicí trubici (*hmotnost vzorku platí pro přístroj Kompakt – Micronaire RM 107*).

### **3. CÍL A METODIKA PRÁCE**

Cílem diplomové práce je zjišťování a porovnání vybraných vlastností bavlněných vláken. Největší důraz je kladen především na pevnost bavlněných vláken a na způsob měření pevnosti dostupnými metodami

Pro naplnění hlavního cíle byly stanoveny následující cíle dílčí:

- ❑ zjištění pevnosti bavlněných vláken pomocí vybraných metod měření
- ❑ statistické vyhodnocení naměřených hodnot
- ❑ vyhodnocení použitých metod měření

Na základě stanovených cílů byla navržena následující metodika práce:

1. Studium a výběr odborné literatury.
2. Výběr vzorků bavlněných vláken.
3. Stanovení vhodných metod pro výpočet jemnosti, pevnosti a jejich následující popis.
4. Výsledky.
5. Vyhodnocení a diskuze.

#### **1) Studium a výběr odborné literatury**

Jako teoretický zdroj informací posloužila literatura zaměřená na danou problematiku. Dále bylo čerpáno z Internetu, odborných publikací a konzultací.

#### **2) Výběr vzorků bavlněných vláken**

V experimentu se pracuje s patnácti druhy surových bavln, které pocházejí z různých pěstitelských oblastí. Veškeré zkoušky by se měly vykonávat v místnostech s předepsaným zkušebním ovzduším a se vzorky v předepsaném stavu. Jednotlivá měření byla prováděna v laboratoři Katedry textilního materiálového inženýrství Technické univerzity v Liberci za podmínek jejího vybavení.

USA 2102	USA 2116	SNS RI
USA 2105	USA 2118	UZBEK RI
USA 2108	USA 2120	Egypt Gizza 70
USA 2113	USA 2121	Řecko Oskar
USA 2115	Střední Asie I	Řecko Larisa

**Tab. 3.1:** Názvy 15 druhů bavlněných vláken použitých v diplomové práci

### 3) Stanovení vhodných metod pro výpočet jemnosti, pevnosti a jejich následující popis

Pro stanovení výše uvedených mechanických vlastností bavlněných vláken byly zvoleny metody, které se běžně používají na Katedře textilního materiálového inženýrství Technické univerzity v Liberci. Počty měření byly provedeny v možném žádoucím rozsahu.

#### a) Jemnost vláken

Experiment byl proveden podle normy ČSN 800208 – STANOVENÍ MIKRONÉRNÍ HODNOTY BAVLNY.

Pro tento konkrétní experiment byl použit přístroj Kompakt – Micronaire typu RM 107. Provedly se tři měření z každého druhu bavlněné vlákniny o hmotnosti  $5,00\text{g} \pm 0,2\text{g} \%$ .

Jednotlivé vzorky byly proměřeny v přístroji na měření průtoku vzduchu (typ RM 107). Výsledkem měření jsou u každého druhu bavlny tři mikronérní hodnoty jemnosti.

*Vzorce použité pro výpočet:*

*Jemnost vlákna (tex):*

$$T = \frac{MI}{2,54} \quad (12)$$

MI – mikronérní hodnota jemnosti

b) Relativní pevnost a tažnost jednotlivých bavlněných vláken

Tento experiment byl proveden na přístroji Vibrodyn 400. Elektrický vertikální trhací přístroj je určen k automatickému zjišťování pevnosti [cN/dtex] a tažnosti [%].

Postup měření je podrobně popsán v kapitole 2.9.3. Aby byla změřena správně i tažnost, zatěžuje se při upínání vlákno předpětím. Předpětí vláken odpovídá jemnosti vláken. Předpětí je jen do mírného natažení, ale bez prodloužení. Vlákná se zatěžují rovnoměrnou rychlostí až do přetržení.

U každého druhu bavlny bylo proměřeno 50 druhů jednotlivých vláken. Výsledkem měření je pevnost  $F$  [cN] přepočtená na relativní pevnost  $F_r$  [cN/dtex] a změna délky vlákna při protažení  $\Delta L$  [mm] přepočtená na relativní tažnost  $\varepsilon$  [%]. Upínací délka  $L_0 = 5,00$  mm.

*Vzorce použité pro výpočet:*

*Relativní pevnost vláken  $F_r$  [cN/dtex]:*

$$F_r = \frac{F}{T} \quad (13)$$

$F$  – pevnost vláken [cN]

$T$  – jemnost vláken [tex]

*Relativní tažnost vláken  $\varepsilon$  [%]*

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \quad (14)$$

$\Delta L$  – změna délky vlákna při protažení [mm]

$L_0$  – upínací délka [mm]

Dále byl k experimentu použit elektronický přístroj na zkoušení pevnosti elementárních vláken TRHACÍ STROJ (*trhačka*), TYP-FM-27. Přístroj slouží ke zkoušení trhací pevnosti

vlákných, bavlněných a syntetických vláken, k určení trhací síly a prodloužení. U každého druhu bavlny bylo proměřeno 20 druhů jednotlivých vláken.

Vlákna byla do čelistí trhacího přístroje uchycena dvěma způsoby, v prvním případě byla jednotlivá vlákna uchycena do čelistí trhacího stroje přímo, ve druhém případě byla vlákna nalepena na malé papírové rámečky se čtvercovým otvorem  $1\text{cm}^2$  tak, že volná upínací délka vlákna je  $L_0 = 10\text{ mm}$ . Posléze se rámečky upnuly do čelisti tak, aby vlákno bylo ve středu směru tahu. Po přestřižení stran rámečku a spuštění přístroje je vlákno napínáno až do přetrhu, kdy se dynamometr zastaví. Předpětí vlákna odpovídá jemnosti vláken. Od každého druhu bavlny bylo proměřeno výše uvedenými způsoby uchycení patnáct bavlněných vláken. Výsledkem měření je tažná síla  $F$  [cN] dané namáhané bavlny a k tomu příslušné protažení bavlněného vlákna  $\epsilon$  [%].

#### c) Zjišťování pevnosti plochých svazků

Tento experiment byl proveden na přístroji Pressley tester podle ČSN 80023, BAVLNA – ZJIŠŤOVÁNÍ PEVNOSTI PLOCHÝCH SVAZKŮ (viz kapitola 2.9.3). Jak už bylo předem předepsáno, veškeré zkoušky by se měly provádět v místnostech v předepsaném stavu. Pramínek bavlny by se měl dělit na jednotlivé svazky, které se po hrubém pročištění laboratorním hřebenem ukládají na sametovou podložku. Následně by mělo dojít ke klimatizování, aby se dosáhlo potřebné vlhkosti bavlny. Vzorek je v předepsaném stavu, je-li jeho vlhkost v rovnováze s normálním zkušebním ovzduším, tj. relativní vlhkost vzduch  $\phi = 65\%$ , teplota  $t = 20^\circ\text{C}$ . Pro splnění této podmínky byly vzorky klimatizovány.

Na stupnici se odečte síla v tahu pro trh  $F$  [1b] ( $1\text{b} = 0,4536\text{ kg}$ ), po otevření čelistí se přetržená vlákna zvaží. Podle normy bylo provedeno šest měření pro každý druh bavlny. Upínací délka byla „0“.

*Vzorce použité pro výpočet:*

*Pressley index  $PI$  [lb/mg]*

$$xPI_0 = \frac{F}{m}$$

- F – zjištěná pevnost na stupnici přístroje [1b]  
 m – hmotnost vlákenného svazku [mg]

## 4. VÝSLEDKY

V následujících tabulkách jsou znázorněny hodnoty pevnosti bavlněných vláken, které byly naměřeny výše uvedenými způsoby. Z naměřených hodnot byla provedena matematická statistika, která sloužila pro další vyhodnocení a srovnání naměřených hodnot popsány metodami.

### 4.1 Výsledky měření jemnosti dle přístroje Micronaire

V následujících tabulkách jsou zachyceny výsledky měření jemnosti zkoumaných druhů bavln.

	Bavlna USA 2116		Bavlna Egypt Gyza 70		Bavlna USA 2115	
	MI	T[dtex]	MI	T[dtex]	MI	T[dtex]
1. měření	3,4	1,34	3,00	1,18	3,8	1,50
2. měření	3,35	1,32	2,95	1,16	3,8	1,50
3. měření	3,4	1,34	2,95	1,16	3,85	1,52
Střední hodnota	3,3833	1,33	2,9666	1,17	3,8166	1,50
Směrodatná odchylka	0,0236	0,0094	0,0236	0,0095	0,0236	0,0094
Variační koeficient [%]	0,67	0,7	0,79	0,81	0,62	0,63
Interval spolehlivosti	<1,31; 1,35>		<1,15; 1,19>		<1,48; 1,52>	

**Tab. 4.1a:** Hodnoty jemností vláken z měření z Micronaire a statistická charakteristika

	Bavlna USA 2121	Bavlna USA 2108	Bavlna USA 2102
--	-----------------	-----------------	-----------------

	MI	T[dtex]	MI	T[dtex]	MI	T[dtex]
1. měření	3,8	1,50	4,65	1,83	5,00	1,97
2. měření	3,9	1,54	4,60	1,81	4,90	1,93
3. měření	3,95	1,56	4,55	1,79	4,90	1,93
Střední hodnota	3,88	1,53	4,60	1,81	4,9333	1,94
Směrodatná odchylka	0,0624	0,0249	0,0408	0,0163	0,0471	0,0189
Variační koeficient [%]	1,61	1,63	0,89	0,9	0,96	0,97
Interval spolehlivosti	<1,47; 1,59>		<1,77; 1,85>		<1,89; 1,99>	

**Tab. 4.1b:** Hodnoty jemností vláken z měření z Micronaire a statistická charakteristika

	Bavlna Řecko Oskar		Bavlna Uzbekistán		Bavlna USA 2105	
	MI	T[dtex]	MI	T[dtex]	MI	T[dtex]
1. měření	4,05	1,59	4,90	1,93	5,60	2,20
2. měření	4,10	1,61	4,85	1,91	5,55	2,19
3. měření	4,10	1,61	4,90	1,93	5,55	2,19
Střední hodnota	4,0833	1,61	4,8833	1,92	5,5666	2,19
Směrodatná odchylka	0,0236	0,0094	0,0236	0,0094	0,0236	0,0047
Variační koeficient [%]	0,58	0,59	0,48	0,49	0,42	0,21
Interval spolehlivosti	<1,59; 1,63>		<1,9; 1,94>		<2,17; 2,21>	

**Tab. 4.1c:** Hodnoty jemností vláken z měření z Micronaire a statistická charakteristika

	Bavlna SNS RI		Bavlna USA 2120		Bavlna Řecko Larisa	
	MI	T[dtex]	MI	T[dtex]	MI	T[dtex]
1. měření	2,90	1,14	4,75	1,87	4,61	1,81
2. měření	2,85	1,12	4,75	1,87	4,58	1,80
3. měření	2,90	1,14	4,70	1,85	4,60	1,81
Střední hodnota	2,8833	1,13	4,7333	1,86	4,60	1,81
Směrodatná odchylka	0,0236	0,0094	0,0236	0,0094	0,0125	0,0047
Variační koeficient [%]	0,82	0,83	0,5	0,5	0,27	0,26
Interval spolehlivosti	<1,11; 1,15>		<1,83; 1,88>		<1,8; 1,82>	

**Tab. 4.1d:** Hodnoty jemností vláken z měření z Micronaire a statistická charakteristika

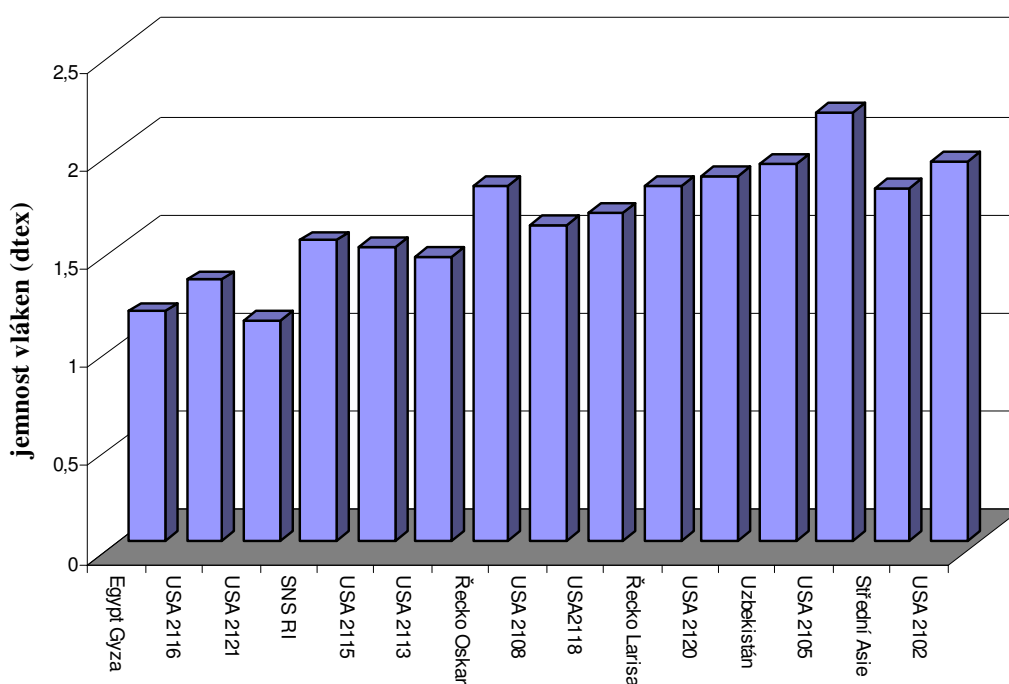
	Bavlna USA 2113		Bavlna Střední Asie		Bavlna USA 2118	
	MI	T[dtex]	MI	T[dtex]	MI	T[dtex]



1. měření	3,60	1,42	4,60	1,81	4,20	1,65
2. měření	3,70	1,46	4,55	1,79	4,30	1,69
3. měření	3,75	1,48	4,60	1,81	4,20	1,65
Střední hodnota	3,6833	1,45	4,5833	1,80	4,2333	1,67
Směrodatná odchylka	0,0624	0,0249	0,0051	0,0094	0,0471	0,0188
Variační koeficient [%]	0,0169	0,0172	0,0011	0,0052	0,0111	0,0113
Interval spolehlivosti	<1,39; 1,51>		<1,78; 1,82>		<1,62; 1,72>	

**Tab. 4.1e:** Hodnoty jemností vláken z měření z Micronaire a statistická charakteristika

Z grafu 4.1, který vyjadřuje hodnoty jemnosti bavlněných vláken naměřených na Micronairu, můžeme považovat za nejjemnější druh bavlněného vlákna bavlnu USA 2121 dále Egypt Gyza, USA 2116, USA 2113, USA 2115. Naopak za bavlnu nejhrubší je podle grafu vlákno USA 2105, dále pak vlákna USA 2102, USA 2120, Uzbekistán.



**Graf 4.1:** Střední hodnoty jemnosti vláken naměřených na Micronairu

## 4.2 Výsledky měření pevnosti dle přístroje Vibrodyn

Výsledné střední hodnoty z měření pevnosti vláken z přístroje Vibrodyn zachycuje tabulka 4.2.

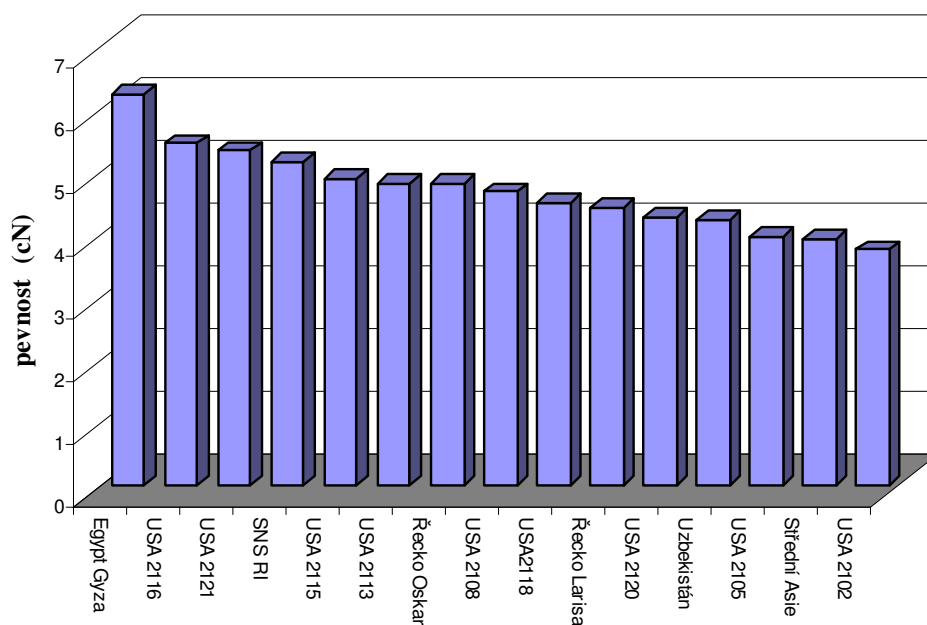
Druh bavlny	Relativní tažnost [%]	Absolutní pevnost [cN]	Relativní pevnost [cN/dtex]
Bavlna USA 2102	8,82	3,75	2,82

Bavlna USA 2105	7,9	3,97	3,40
Bavlna USA 2108	9,21	4,67	3,11
Bavlna USA 2113	7,48	4,82	3,15
Bavlna USA 2115	7,06	4,89	2,70
Bavlna USA 2116	10,09	5,45	2,81
Bavlna USA 2118	8,67	4,51	2,80
Bavlna USA 2120	10,00	4,28	2,23
Bavlna USA 2121	7,96	5,33	2,43
Bavlna Střední Asie	7,27	3,93	3,48
Bavlna SNS RI	8,77	5,15	2,77
Bavlna Uzbekistán	8,50	4,23	2,34
Bavlna Egypt Gyza 70	7,48	6,23	4,29
Bavlna Řecko Oskar	9,29	4,82	2,68
Bavlna Řecko Larisa	8,00	4,43	2,65

**Tab. 4.2:** Střední hodnoty z měření pevnosti vláken z Vibrodynu

Podle naměřených hodnot pevností bavlněných vláken na přístroji Vibrodyn je patrné, že nejpevnějším druhem bavlny je Egypt Gizza, dále bavlny USA 2116 a USA 2121. Naopak jako nejméně pevná vyšla bavlna USA 2102 a dále bavlna Střední Asie.

Výsledky měření pevnosti na přístroji Vibrodyn zachycuje také graf 4.2.



**Graf 4.2:** Střední hodnoty pevnosti vláken naměřených na Vibrodynu

### 4.3 Výsledky měření pevnosti na přístroji Dynamometr 1

Výsledky měření pevnosti na přístroji Dynamometr s použitím papírových rámečků (*dále již jen Dynamometr 1*) jsou uvedeny v tabulkách 4.3.

	Bavlna USA2102		Bavlna USA2105		Bavlna USA2108	
	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]
Střední hodnota	7,0133	1,0933	7,06	1,0067	6,8333	1,0933
Směrodatná odchylka	1,1026	0,2049	1,0732	0,1914	0,8715	0,2175
Variační koeficient [%]	15,72	18,74	15,20	19,01	12,75	19,89
Interval spolehlivosti	<6,4; 7,62>		<6,47; 7,65>		<6,47; 7,65>	

**Tab. 4.3a:** Střední hodnota z měření pevnosti vláken na Dynamometru 1 a statistická charakteristika

	Bavlna USA 2113		Bavlna USA2115		Bavlna USA2116	
	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]
Střední hodnota	6,7533	1,0867	6,28	0,98	5,6133	1,0733
Směrodatná odchylka	2,0192	0,2655	1,7038	0,2007	1,3356	0,3941
Variační koeficient [%]	29,9	24,43	27,13	20,48	23,79	36,72
Interval spolehlivosti	<5,63; 7,87>		<4,87; 6,35>		<5,34; 7,22>	

**Tab. 4.3b:** Střední hodnota z měření pevnosti vláken na Dynamometru 1 a statistická charakteristika

	Bavlna USA 2118		Bavlna USA 2120		Bavlna USA 2121	
	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]
Střední hodnota	7,2467	1	6,36	1,1333	8,08	1,0867
Směrodatná odchylka	1,3539	0,1862	0,5736	0,17	1,2352	0,2605
Variační koeficient [%]	18,68	18,62	9,02	15,00	15,29	23,97
Interval spolehlivosti	<6,5; 8>		<6,04; 6,68>		<7,39; 8,77>	

**Tab. 4.3c:** Střední hodnota z měření pevnosti vláken na Dynamometru 1 a statistická charakteristika

	Bavlna Střední Asie		Bavlna SNS RI		Bavlna Uzbekistán	
	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]
Střední hodnota	6,9933	0,8733	7,2867	1,2267	7,6933	0,9467
Směrodatná odchylka	0,5259	0,1806	1,2638	0,3316	1,0116	0,1668
Variační koeficient [%]	7,52	20,68	17,34	27,03	13,1491	17,62
Interval spolehlivosti	<6,7; 7,28>		<6,59; 7,99>		<7,13; 8,25>	

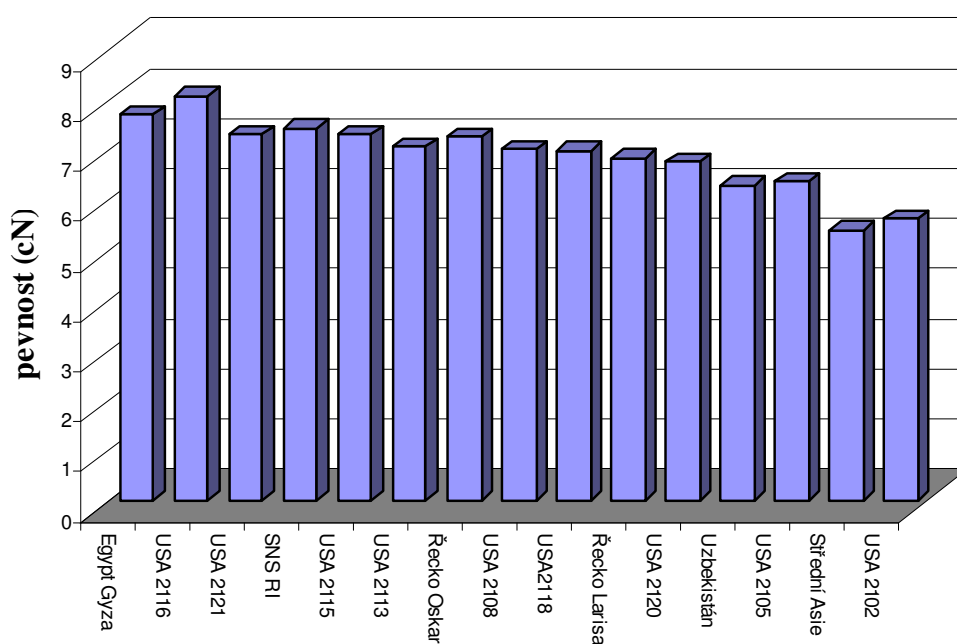
**Tab. 4.3d:** Střední hodnota z měření pevnosti vláken na Dynamometru 1 a statistická charakteristika

	Bavlna Egypt Gizza 70		Bavlna Řecko Oskar		Bavlna Řecko Larisa	
	F [cN]	$\epsilon$ [%]	F [cN]	$\epsilon$ [%]	F [cN]	$\epsilon$ [%]
Střední hodnota	7,6933	0,9467	7,4333	1,0533	7,2933	1,3
Směrodatná odchylka	1,0116	0,1668	1,0818	0,1707	0,9059	0,3406
Variační koeficient [%]	13,1491	17,62	14,55	16,21	12,42	26,2
Interval spolehlivosti	<7,13; 8,25>		<6,83; 8,03>		<6,79; 7,79>	

**Tab. 4.3e:** Střední hodnota z měření pevnosti vláken na Dynamometru 1 a statistická charakteristika

Z naměřených hodnot pevností bavlněných vláken na Dynamometru 1 (*trhačce*), vychází nejpevnější druh bavlny USA 2116, dále s velmi malým rozdílem Egypt Gyza, SNS RI, USA 2121. Za nejméně pevný druh vyšla bavlna Střední Asie, dále pak USA 2102, Uzbekistán RI.

Graf 4.3 zobrazuje střední hodnoty pevnosti vláken naměřených na Dynamometru 1.



**Graf 4.3:** Střední hodnoty pevnosti vláken naměřených na Dynamometru 1

#### 4.4 Výsledky měření pevnosti na přístroji Dynamometr 2

Výsledky měření pevnosti na přístroji Dynamometr bez použití papírových rámečků (*dále již jen Dynamometr 2*) jsou uvedeny v tabulkách 4.4.

	Bavlna USA2102		Bavlna USA2105		Bavlna USA2108	
	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]
Střední hodnota	4,55	0,89	4,95	0,93	5,55	0,93
Směrodatná odchylka	0,38	0,1	0,22	0,18	0,5	0,13
Variační koeficient [%]	8,37	10,79	4,54	19,1	8,96	13,92
Interval spolehlivosti	<4,34; 4,76>		<4,83; 5,07>		<5,27; 5,83>	

**Tab. 4.4a:** Střední hodnota z měření pevnosti vláken na Dynamometru 2 a statistická charakteristika

	Bavlna USA 2113		Bavlna USA2115		Bavlna USA2116	
	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]
Střední hodnota	5,71	0,97	5,82	1,01	6,17	1,23
Směrodatná odchylka	0,36	0,11	0,43	0,14	0,57	0,18
Variační koeficient [%]	6,32	11,12	7,46	14,27	9,21	14,99
Interval spolehlivosti	<5,51; 5,91>		<5,58; 6,06>		<5,85; 6,49>	

**Tab. 4.4b:** Střední hodnota z měření pevnosti vláken na Dynamometru 2 a statistická charakteristika

	Bavlna USA 2118		Bavlna USA 2120		Bavlna USA 2121	
	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]
Střední hodnota	5,24	0,9	5,11	0,95	6,13	1,07
Směrodatná odchylka	0,35	0,12	0,17	0,13	0,61	0,22
Variační koeficient [%]	6,60	12,83	3,34	13,19	9,92	20,54
Interval spolehlivosti	<5,05; 5,43>		<5,02; 5,2>		<5,79; 6,47>	

**Tab. 4.4c:** Střední hodnota z měření pevnosti vláken na Dynamometru 2 a statistická charakteristika

	Bavlna Střední Asie		Bavlna SNS RI		Bavlna Uzbekistán	
	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]
Střední hodnota	4,92	0,94	6,02	1,05	5,07	0,95
Směrodatná odchylka	0,16	0,14	0,54	0,11	0,13	0,1
Variační koeficient [%]	3,25	14,43	8,9	10,39	2,64	10,74
Interval spolehlivosti	<4,83; 5,01>		<5,72; 6,32>		<5; 5,14>	

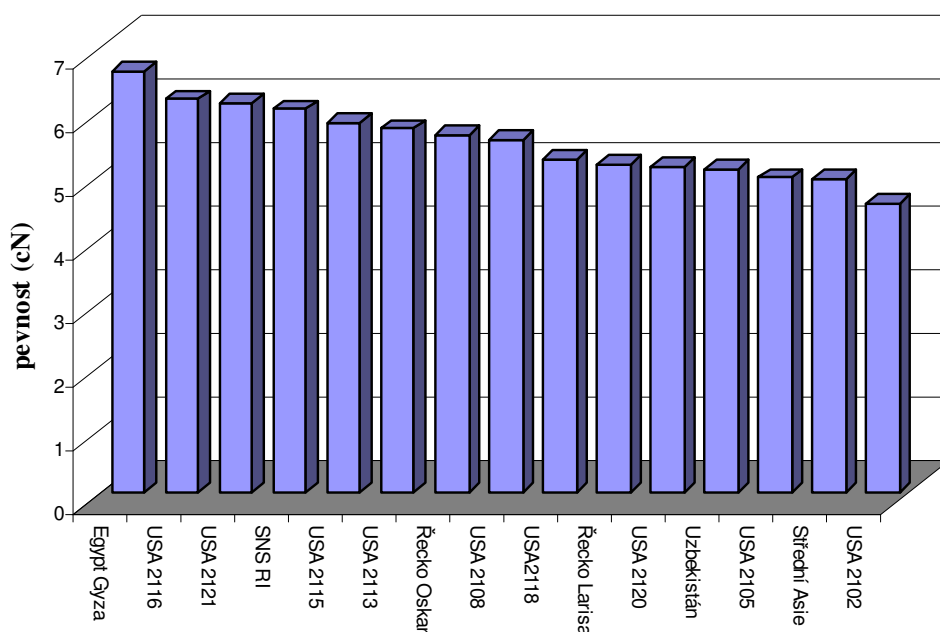
**Tab. 4.4d:** Střední hodnota z měření pevnosti vláken na Dynamometru 2 a statistická charakteristika

	Bavlna Egypt Gizza 70		Bavlna Řecko Oskar		Bavlna Řecko Larisa	
	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]	F [cN]	ε [%]
Střední hodnota	6,62	1,18	5,63	1,01	5,16	0,97
Směrodatná odchylka	0,37	0,26	0,43	0,13	0,28	0,14
Variační koeficient [%]	5,57	21,92	7,64	12,93	5,47	14,47
Interval spolehlivosti	<6,42; 6,82>		<5,39; 5,87>		<5,01; 5,31>	

**Tab. 4.4e:** Střední hodnota z měření pevnosti vláken na Dynamometru 2 a statistická charakteristika

Dle měření na přístroji Dynamometr 2 vychází jako nejpevnější druh bavlny Egypt Gyza, dále USA 2116, USA 2121 a SNS RI. Naopak jako nejméně pevné vyšly bavlna USA 2102, USA 2105 a Střední Asie.

Střední hodnoty pevnosti vláken naměřených na Dynamometru 2 bez použití papírových rámečků ukazuje graf 4.4.



**Graf 4.4:** Střední hodnoty pevnosti vláken naměřených na Dynamometru 2

## 4.5 Výsledky měření pevnosti na přístroji Pressleyho trhačka

Pressleyho trhačka slouží k měření svazkové pevnosti vláken. Naměřené hodnoty svazkové pevnosti vláken zachycují tabulky 4.5.

	Bavlna USA 2102			Bavlna 2105			Bavlna 2108		
	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]
Střední hodnota	19,275	3,4183	5,6483	10,2083	1,5967	6,3833	18,65	3,51	5,3367
Směrodatná odchylka	1,1746	0,2768	0,1271	1,9301	0,25	0,5405	1,0548	0,2944	0,358
Variační rozpětí [%]	0,0609	0,081	0,0225	0,1891	0,1566	0,0847	0,0566	0,0839	0,0671
Interval spolehlivosti	<5,51; 5,79>			<5,81; 6,95>			<4,96; 5,72>		

**Tab. 4.5a:** Střední hodnota z měření svazkové pevnosti vláken na Pressleyho trhače a statistická charakteristika

	Bavlna USA 2113			Bavlna 2115			Bavlna 2116		
	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]
Střední hodnota	13,1917	1,9583	6,7317	16,0333	2,575	6,2467	17,4917	3,1983	5,455
Směrodatná odchylka	2,3077	0,2939	0,6019	2,8276	0,2282	1,0573	3,7151	0,623	0,302
Variační rozpětí [%]	0,1749	0,1501	0,089	0,1764	0,0886	0,1693	0,2124	0,1948	0,0554
Interval spolehlivosti	<6,1; 7,36>			<5,14; 7,36>			<5,15; 5,77>		

**Tab. 4.5b:** Střední hodnota z měření svazkové pevnosti vláken na Pressleyho trhače a statistická charakteristika

	Bavlna USA 2118			Bavlna 2120			Bavlna 2121		
	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]
Střední hodnota	17,1	2,5517	6,7217	15,175	2,8967	5,2517	13,6333	2,31	5,8617
Směrodatná odchylka	2,5794	0,4254	0,3252	1,6635	0,2986	0,4545	3,2003	0,2985	0,3597
Variační rozpětí [%]	0,1508	0,1667	0,0484	0,1096	0,1031	0,0865	0,2347	0,1292	0,0614
Interval spolehlivosti	<6,37; 7,07>			<4,78; 5,72>			<5,48; 6,24>		

**Tab. 4.5c:** Střední hodnota z měření svazkové pevnosti vláken na Pressleyho trhače a statistická charakteristika

	Bavlna Střední Asie			Bavlna SNS RI			Bavlna Uzbekistán		
	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]
Střední hodnota	16,5833	2,7967	5,9517	13,2917	2,255	5,9217	19,45	3,4767	5,5983
Směrodatná odchylka	1,4123	0,3172	0,2273	1,6249	0,3336	0,239	1,8563	0,3518	0,2063
Variační rozpětí [%]	0,0852	0,1134	0,0382	0,1223	0,1479	0,0404	0,0954	0,1012	0,0368
Interval spolehlivosti	<5,71; 6,19>			<5,67; 6,17>			<5,38; 5,82>		

**Tab. 4.5d:** Střední hodnota z měření svazkové pevnosti vláken na Pressleyho trhače a statistická charakteristika

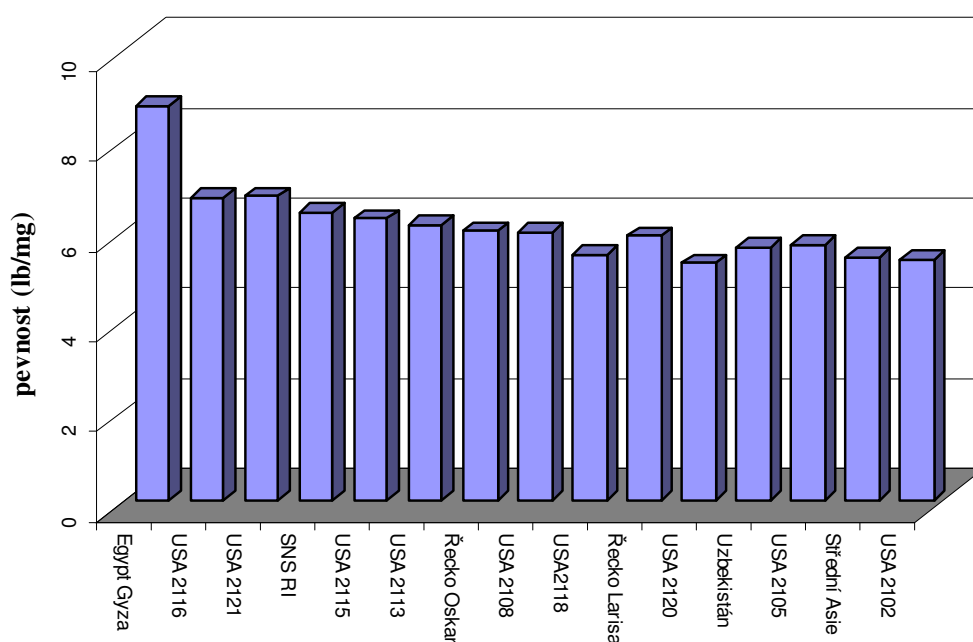
	Bavlna Egypt Gizza 70			Bavlna Řecko Oskar			Bavlna Řecko Larisa		
	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]	F [1b]	m [mg]	PI <sub>0</sub> [1b/mg]
Střední hodnota	13,6167	1,5567	8,74	11,25	2,12	5,3917	11,425	1,885	6,0933
Směrodatná odchylka	2,7626	0,298	0,825	2,1178	0,444	0,6783	1,6334	0,3026	0,457
Variační rozpětí [%]	0,2029	0,1915	0,0944	0,1882	0,2094	0,1258	0,143	0,1605	0,075

Interval spolehlivosti	<7,87; 9,61>	<4,68; 6,1>	<5,61; 6,57>
------------------------	--------------	-------------	--------------

**Tab. 4.5e:** Střední hodnota z měření svazkové pevnosti vláken na Pressleyho trhačce a statistická charakteristika

Z tabulek, které znázorňují hodnoty svazkové pevnosti bavlněných vláken, je zřejmé, že nejpevněji vyšla bavlna Egypt Gizza, dále pak USA 2121, USA 2116, SNS RI. Naopak za nejméně pevnou můžeme podle hodnoty Pressleyho indexu považovat bavlnu USA 2120, USA 2102 a bavlnu Střední Asie.

V následujícím grafu 4.5 jsou zobrazeny naměřené hodnoty svazkové pevnosti vláken.



Graf 4.5: Střední hodnoty svazkové pevnosti vláken naměřených na Pressleyho trhačce.



## 5. VYHODNOCENÍ A DISKUZE

### 5.1 Vyhodnocení a porovnání naměřených hodnot

Pro měření pevnosti vláken na přístroji Vibrodyn je nutné znát jemnost zkoumaných vláken. Standardně se tyto hodnoty získávají z měření na přístroji Vibroskop. Jemnost bavlněných vláken nebylo možné z důvodu příliš krátkých vláken na Vibroskopu naměřit, protože se bavlněné vlákno nedalo uchytit do čelistí Vibroskopu. Sice bylo možné vybrat extrémně dlouhá vlákna, ale hodnoty získané tímto měřením by díky této selekci byly značně zkreslené. Proto byla jemnost vláken naměřena na Micronairu.

Podle naměřených hodnot jemností jsou bavlněná vlákna hodnocena takto (viz tab. 5.1):

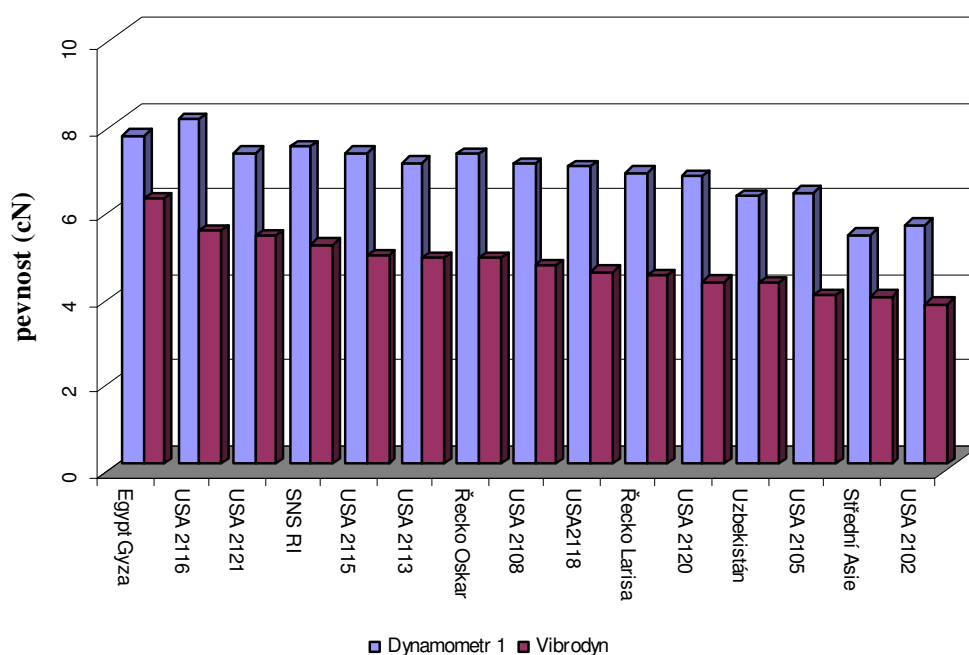
USA 2102 –bavl. průměrně jemná	USA 2116-bavlna jemná	SNS RI-bavlna velmi jemná
USA 2105-bavlna hrubá	USA 2118-bavlna průměrně jemná	UZBEK RI-bavlna průměrně jemná
USA 2108-bavl. průměrně jemná	USA 2120-bavlna průměrně jemná	Egypt Gizza 70-bavlna velmi jemná
USA 2113-bavlna jemná	USA 2121-bavlna jemná	Řecko Oskar-bav. průměrně jemná
USA 2115-bavlna jemná	Střední Asie I-bav.průměrně jemná	Řecko Larisa-bav.průměrně jemná

**Tab. 5.1:** Určení jemnosti jednotlivých druhů bavlněných vláken

Kromě jemnosti byla měřena také pevnost bavlněných vláken. Pevnost vláken byla měřena čtyřmi různými způsoby. V prvním případě byla pevnost vláken měřena na Vibrodynu. Ve

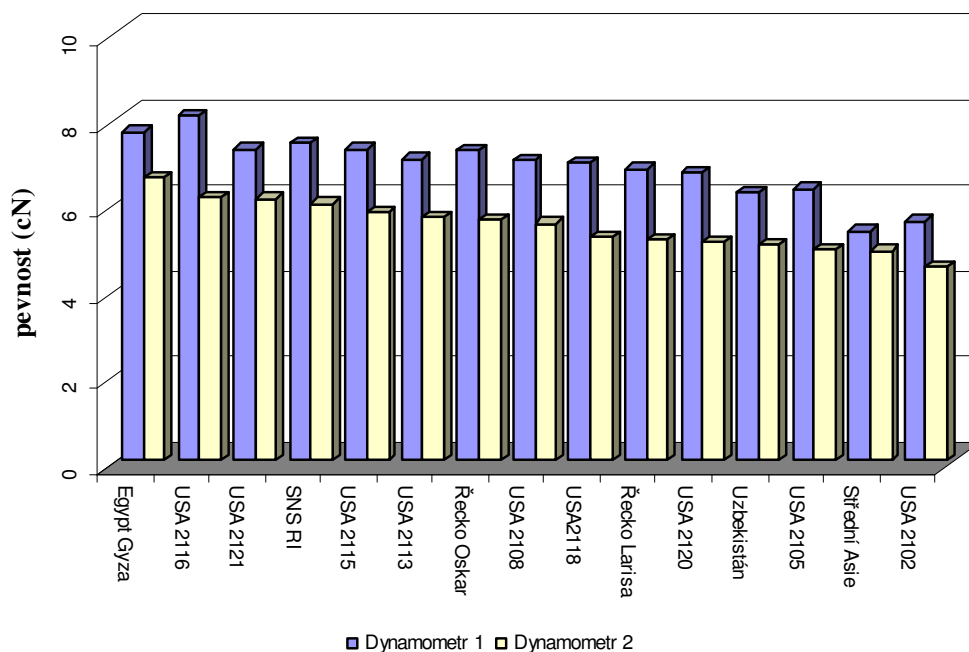
druhém případě šlo o měření pevnosti na Dynamometru 1 s použitím papírových rámečků pro uchycení vlákna, ve třetím případě se vlákna měřila na stejném přístroji, ovšem bez použití papírových rámečků (*Dynamometr 2*). V posledním případě byla měřena svazková pevnost bavlněných vláken na Pressleyho trhačce.

Z grafu 5.1 je patrné, že hodnoty pevnosti naměřené na Dynamometru 1 vyšly výrazně vyšší než hodnoty zaznamenané na Vibrodynu. Jak již bylo dříve uvedeno, výsledky měření mohly být ovlivněny jak postupným získáváním rutinní zkušenosti při měření, tak i podmínkami měření.



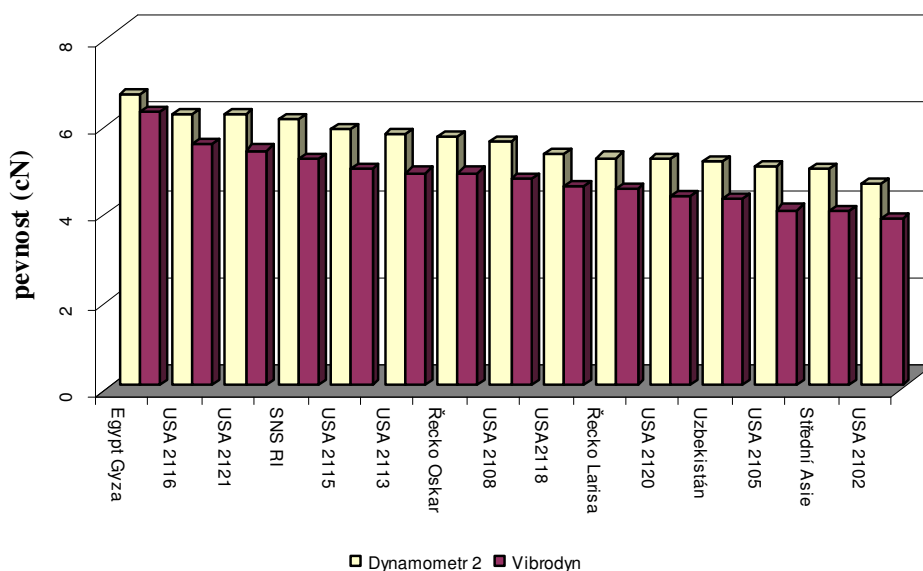
**Graf 5.1:** Porovnání výsledků měření pevností na přístrojích Dynamometr 1 a Vibrodyn

Rozdíl u druhého měření (pomocí Dynamometru 1) a třetího způsobu měření (měření pomocí Dynamometru 2) mohl být způsoben použitím papírových rámečků. Vlivem lepidla, které slouží při fixaci vzorku na rámeček, mohlo dojít k uchycení lepidla na vlákno. Vlákna potom při samotném měření vykazovala díky lepidlu vyšší pevnost. Určitou roli zde mohl sehrát i prokluz uchyceného vlákna. Rozdíl v naměřených hodnotách ukazuje graf 5.2.



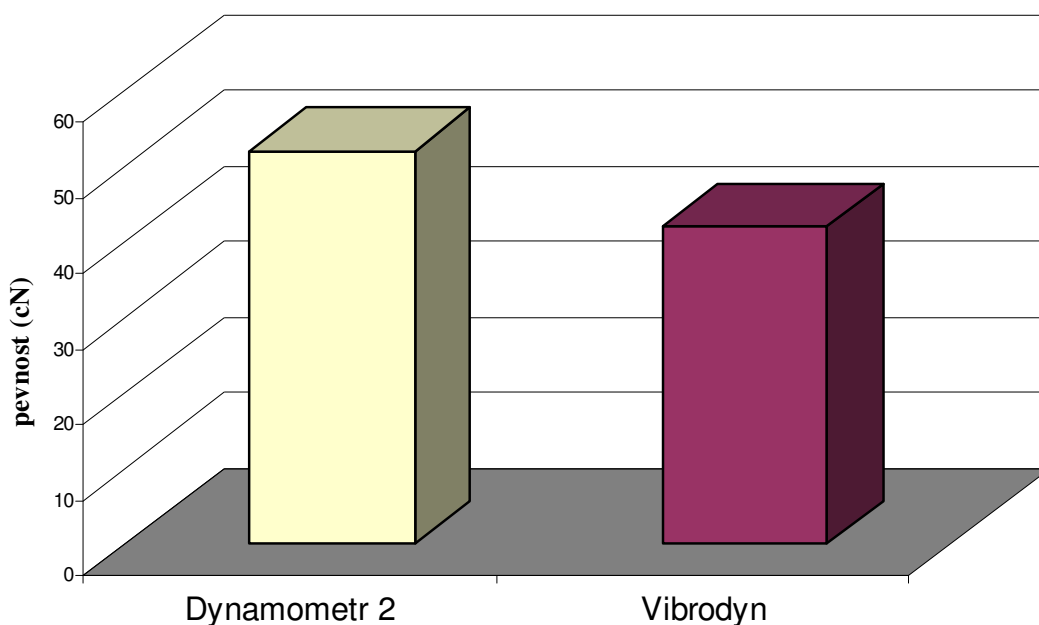
**Graf 5.2:** Porovnání výsledků měření pevností na přístrojích Dynamometr 1 a Dynamometr 2

I přes výše uvedené vycházela pevnost vláken měřená na přístroji Vibrodyn výrazně nižší, než pevnost vláken změřená na přístroji Dynamometr 2 (bez uchycení v papírových rámečcích). Tyto rozdíly znázorňuje graf 5.3.



**Graf 5.3:** Porovnání výsledků měření pevností na přístrojích Dynamometr 2 a Vibrodyn

Pro vysvětlení příčiny rozdílných pevností bavlněných vláken u obou přístrojů (*Vibrodynu a Dynamometru*) byla provedena další měření. V obou případech byla měřena pevnost syntetického vlákna, které díky svým vlastnostem umožňuje bezproblémové uchycení do čelisti měřicího přístroje, což minimalizuje chybu způsobenou lidským faktorem. I v tomto případě pevnost syntetického vlákna naměřená na Dynamometru 2 (*bez použití rámečků*) vycházela znatelně vyšší, než pevnost naměřená na Vibrodynu (viz graf 5.4).



**Graf 5.4:** Porovnání výsledků měření pevností syntetického vlákna na přístrojích Dynamometr 2 a Vibrodyn

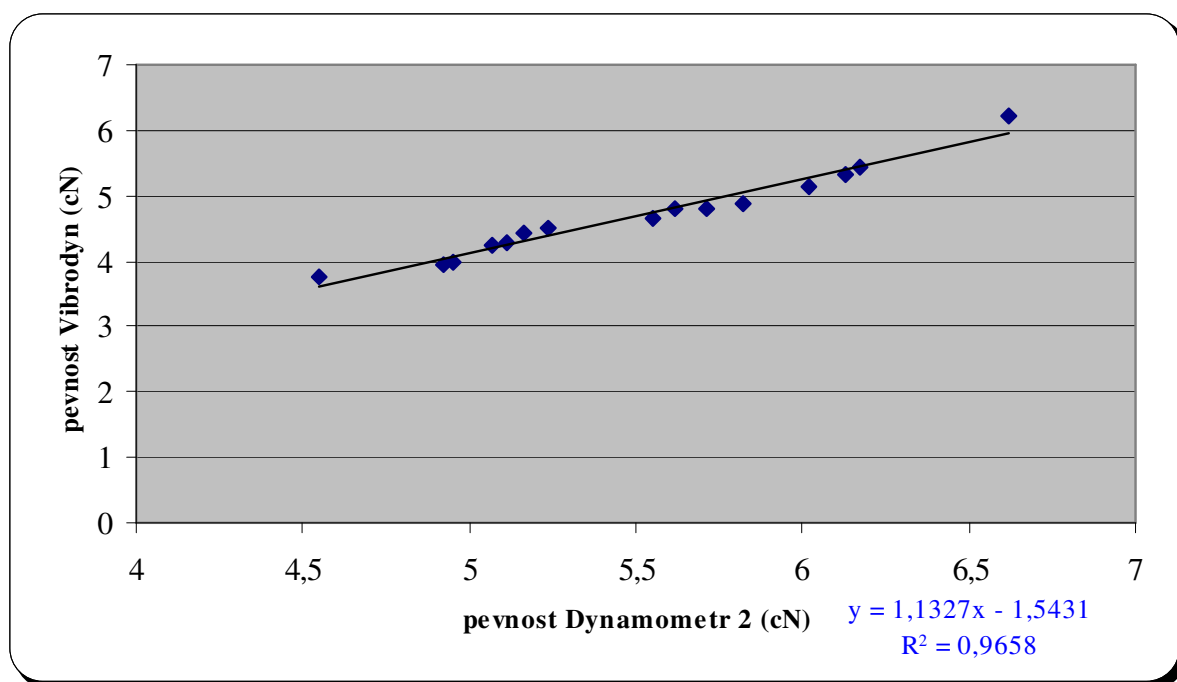
## 5.2 Vyhodnocení korelačních závislostí mezi naměřenými hodnotami

Závislost mezi hodnotami výsledných pevností a danými vlastnostmi stanovují korelační koeficienty. Korelační závislost označuje analytické vyjádření vzájemné závislosti mezi náhodnými veličinami. Koeficient korelace může nabývat hodnot v intervalu  $<-1,1>$ . Čím více se hodnota korelačního koeficientu blíží krajním mezím uvedeného intervalu, tím těsnější je lineární závislost mezi náhodnými veličinami.

Výsledné hodnoty jednotlivých vlastností byly porovnány a modelovány. Ve všech případech bylo použito lineární regrese. Výsledky byly vyhodnoceny pomocí programu Microsoft Excel.

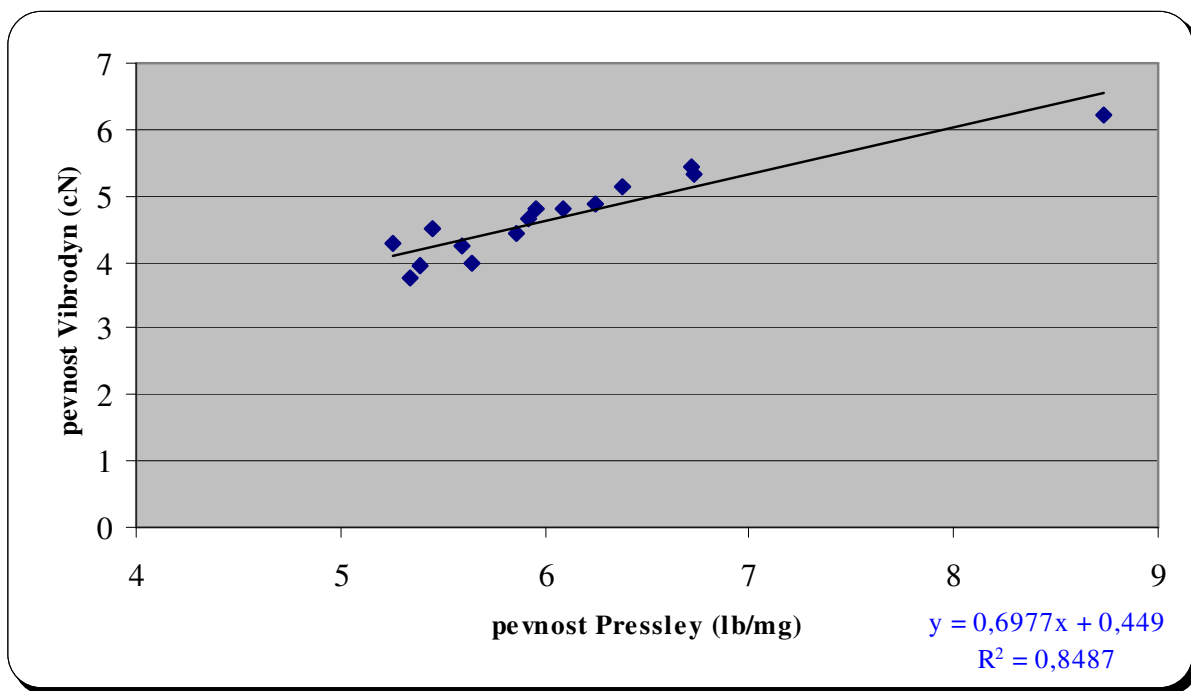
Při zjišťování korelační závislosti mezi hodnotami pevnosti bavlněných vláken se vycházelo z hodnot, které byly získány měřením z přístrojů Vibrodyn a Dynamometr 2 (bez použití papírových rámečků).

Porovnáním hodnot pevností bavlněných vláken jsme získali regresní křivku, která dokazuje vysokou lineární závislost mezi danými hodnotami (korelační koeficient 0,9828) s vysokou mírou spolehlivosti. Tyto výsledky lze považovat za reprezentativní, podávající informaci o správnosti měření.



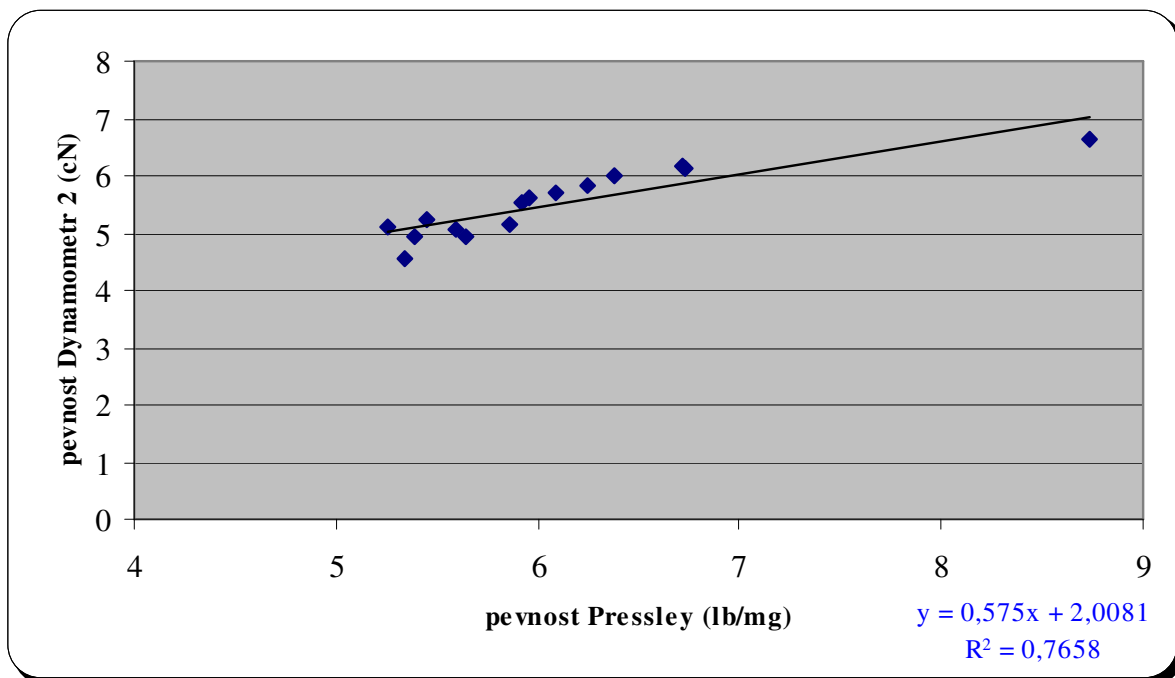
**Graf 5.5:** Korelační závislost mezi hodnotami pevností naměřených na Vibrodynu a na Dynamometru 2

Při zjišťování korelační závislosti mezi hodnotami pevnosti bavlněných vláken a hodnotami svazkové pevnosti se vycházelo z hodnot, které byly získány měřením z přístrojů Vibrodyn a Dynamometr 2 (pevnost bavlněných vláken) a Pressleyho trhačka (svazková pevnost vláken). Korelační závislost mezi pevností bavlněných vláken (měřeno dle přístroje Vibrodyn) a svazkovou pevností vláken (měřeno dle Pressleyho trhačky) znázorňuje graf 5.6.



**Graf 5.6:** Korelační závislost mezi hodnotami pevností naměřených na Vibrodynu a Pressleyho trhačce.

Korelační závislost mezi pevností bavlněných vláken (měřeno dle přístroje Dynamometr 2) a svazkovou pevností vláken (měřeno dle Pressleyho trhačky) znázorňuje graf 5.7.

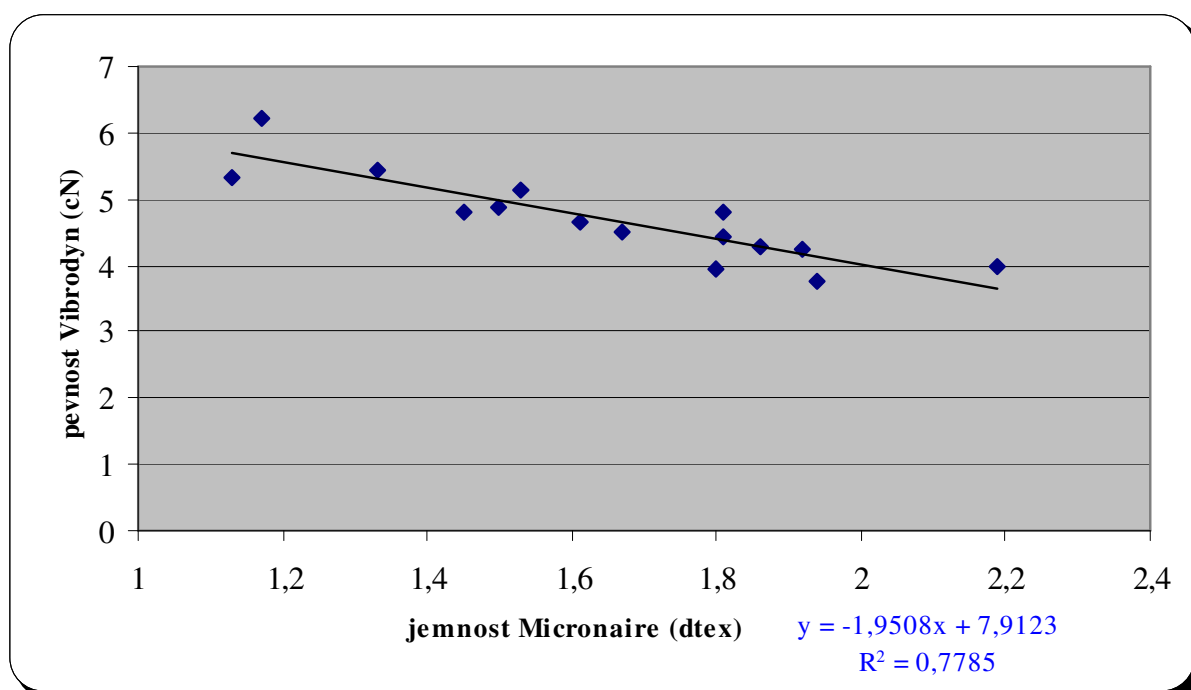


**Graf 5.7:** Korelační závislost mezi hodnotami pevností naměřených na Dynamometru 2 a Pressleyho trhačce.

Obě pevnosti, jak svazková, tak i pevnost jednotlivých vláken, spolu vzájemně souvisí. O tomto svědčí vysoké korelační koeficienty. V prvním případě je korelační koeficient 0,9212. Ve druhém případě jde o korelační koeficient 0,8751.

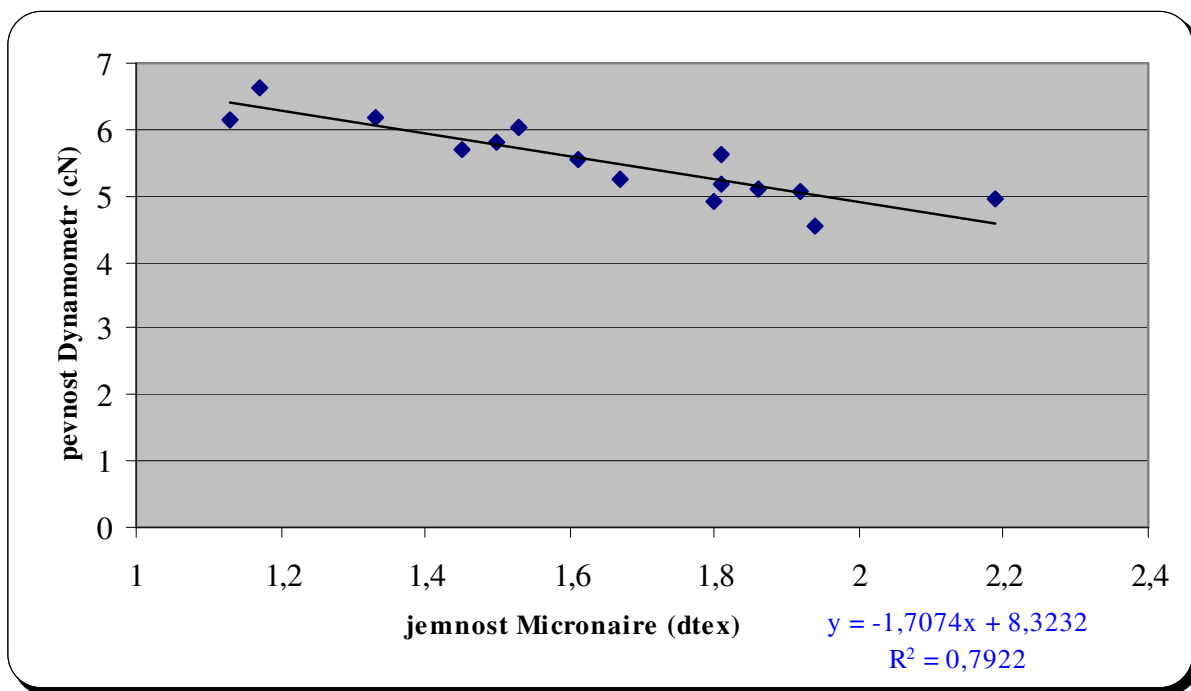
Při zjišťování korelační závislosti mezi hodnotami pevnosti bavlněných vláken a hodnotami jemnosti se vycházelo z hodnot, které byly získány měřením z přístrojů Vibrodyn a Dynamometr 2 (*pevnost bavlněných vláken*) a Micronaire (*jemnost bavlněných vláken*).

Korelační závislost mezi pevnostmi bavlněných vláken (*měřeno dle přístroje Vibrodyn*) a jemnostmi bavlněných vláken (*měřeno dle Micronairu*) znázorňuje graf 5.8.



**Graf 5.8:** Korelační závislost mezi hodnotami pevností naměřených na Vibrodynu a hodnotami jemností naměřených na Micronaire.

Korelační závislost mezi pevnostmi bavlněných vláken (*měřeno dle přístroje Dynamometr 2*) a jemnostmi bavlněných vláken (*měřeno dle Micronairu*) znázorňuje graf 5.9.



**Graf 5.9:** Korelační závislost mezi hodnotami pevností naměřených na Dynamometru 2 a hodnotami jemností naměřených na Micronaire.

Závislost mezi jemnostmi na Micronairu a hodnotami pevnosti na Vibrodynu a Dynamometru udávají vysoké korelační koeficienty. V prvním případě je korelační koeficient 0,8823. Ve druhém případě jde o korelační koeficient 0,8901. Dále je potvrzen předpoklad, že pevnost s růstem jemnosti (*tex roste*) klesá. Čím je tedy vlákno jemnější (*menší tex*), tím je také pevnější.



## 6. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjišťování a porovnávání vybraných vlastností bavlněných vláken.

Pro dosažení výsledků bylo nutné provést měření vybraných druhů bavlněných vláken za pomoci metod a přístrojů na specializovaných pracovištích Technické univerzity v Liberci. Pevnost jednotlivých bavlněných vláken byla proměřena na přístrojích Vibrodyn a Dynamometr. Svazková pevnost vláken byla změřena na přístroji Pressleyho trhačka. Měření jemnosti bavlněných vláken bylo provedeno na přístroji Micronaire.

1. Výsledné hodnoty jednotlivých vlastností byly porovnány a modelovány. Ve všech případech bylo použito lineární regrese. Výsledky byly vyhodnoceny pomocí programu Microsoft Excel. Z dosažených výsledků je patrné, že mezi použitými metodami byla nalezena vysoká korelační závislost.
2. Pracoviště nedisponují plně klimatizovanými laboratořemi. Proto bylo nutné provést klimatizování zkoumaných vzorků, i přesto se mohou díky manipulaci při uchycování vzorků do měřících přístrojů projevit určité nepřesnosti v měření.

3. Vzhledem k délce zkoumaných vláken nebylo možné změřit hodnoty jemnosti na přístroji Vibroskop. Po konzultaci s pracovníky laboratoře bylo měření jemnosti provedeno na přístroji Micronaire. Otázkou zůstává, jak se toto dodatečné měření projevilo na konečných výsledcích.
4. Z důvodu rozdílných hodnot pevnosti naměřených na přístroji Vibrodyn a Dynamometr bylo nutné provést na Dynamometru opakované měření s rozdílným uchycením vláken do čelistí přístroje. Při prvním pokusu mohlo dojít vlivem použití lepidla k uchycení vláken na papírový rámeček ke zvýšení pevnosti. Při druhém pokusu byly vlákna uchyceny přímo do čelistí přístroje.

Při výzkumu vlastností bavlněných vláken je třeba vždy brát ohled jak na technické vybavení laboratoře, tak hlavně na zručnost experimentátora. Protože manipulace se surovými bavlněnými vlákny je díky jejich vlastnostem obtížná, vyžaduje se od experimentátora zkušenost a značná zručnost. Každá nevhodná manipulace se negativně projeví na získaných výsledcích.

## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Martínková, L.: *Porovnání metod stanovení plochy příčného řezu*. Diplomová práce, TU Liberec, 2004.
- [2] Fučík F.: *Bavlna a jiná vlákna ze semen*. Textilní ústav Československý, Brno, 1949
- [3] Hladík, V., Kozel, T., Miklas, Z.: *Textilní materiály*. SNTL, Praha, 1984
- [4] Bednářová, M.: *Analýza struktury a hodnocení zralosti bavlněných vláken s využitím obrazové analýzy*. Diplomová práce, TU Liberec, 1995
- [5] Hladík V. a kol.: *Textilní vlákna*. SNTL, Praha, 1970
- [6] Blažej A., Šutá Š.: *Vlastnosti textilních vláken*. Alfa, Bratislava, 1982
- [7] Militký, J.: *Textilní vlákna*, TU Liberec, 2002.
- [8] <http://www.ft.vslib.cz/databaze/skripta/data/2003-02-17/14-04-39.pdf>, [cit. 13. 6. 2006].
- [9] Koch, A., P.: *Mikroskopie der Faserstoffe*. Dr. Spohr-Verlag, 7000, Stuttgart, 1972.
- [10] <http://www.cotton.org/pubs/cottoncounts/index.cfm>, [cit. 12. 5. 2006].
- [11] Svoboda, M., Homuta, L., Mikeš, J.: *Analýza obrazu počítačem*. Medsoft, DT ČSVTS, Praha, 1989.
- [12] Kymr, F., Pirkel, A., Vacátko, J.: *Klasifikace bavlny podle zralosti a délky vláken*. SNTL, Praha, 1954.

- [13] Neckář, B.: *Morfologie a strukturní mechanika obecných vláknenných útvarů*. TU Liberec, 2001
- [14] Slezák, J.: *Přejímání surové bavlny*. Průmyslové vydavatelství, Praha, 1952.
- [15] Militký, J., Maršálová M.: *Vlastnosti vláken. Návod na cvičení*. TU Liberec, 2003.
- [16] Kovačič, V.: *Zkoušení textilií*. TUL Liberec, 2001
- [17] [http://www.ekovesnický.org/remesla/bavlna\\_index.html](http://www.ekovesnický.org/remesla/bavlna_index.html), [cit. 28. 2. 2006].
- [18] Pecháček, F., Jankovský, J.: *Zkoušení textilií*. SNTL, Praha, 1980.
- [19] Neckář, B.: *Příze. Tvorba, struktura, vlastnosti*. SNTL Praha, 1990.